

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-147146  
 (43)Date of publication of application : 29.05.2001

(51)Int.Cl.

G01F 23/28  
 B41J 2/175  
 G01F 23/22  
 G01F 23/64  
 H01L 41/09  
 H01L 41/187

(21)Application number : 2000-147057  
 (22)Date of filing : 18.05.2000

(71)Applicant : SEIKO EPSON CORP  
 (72)Inventor : TSUKADA KENJI  
 KANETANI MUNEHIDE  
 USUI MINORU

(30)Priority

Priority number : 11139683 Priority date : 20.05.1999 Priority country : JP  
 11256522 10.09.1999

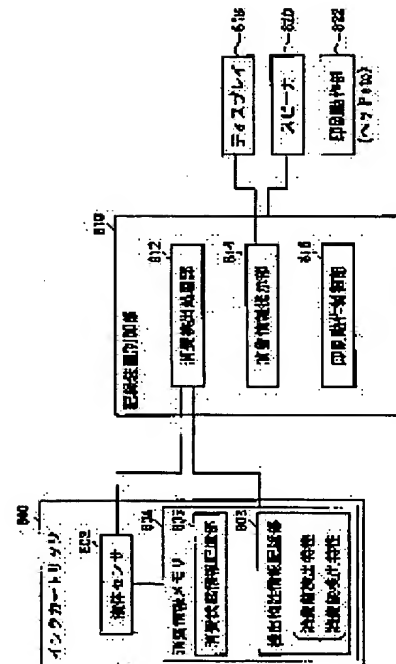
JP

## (54) LIQUID CONTAINER AND LIQUID CONSUMPTION DETECTOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To suitably use a detected result in detection of fluid consumption using a piezoelectric element to improve detection ability.

SOLUTION: An ink cartridge 800 serving as a liquid container is provided with a liquid sensor 802 having a piezoelectric element for detecting a consuming condition of liquid inside a container and a consumption information memory 804 serving as a recording means. The consumption information memory 804 is a rewritable memory for storing consumption-related information linked to detection of a consuming condition by means of the liquid sensor 802. The consumption-related information is, e.g. consuming state information of the detection result. Even if the ink cartridge 800 is detached, previous consuming state information can be used. The consumption-related information may be a detected characteristic to be detected in compliance with a liquid consuming condition. On the basis of the detected characteristic, a consuming state is detected by means of the liquid sensor 802. In this way, a consuming state can be detected without being influenced by an individual difference of the ink cartridge 800.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]  
 [Date of sending the examiner's decision of rejection]  
 [Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]  
 [Date of final disposal for application]  
 [Patent number]  
 [Date of registration]  
 [Number of appeal against examiner's decision of rejection]  
 [Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-147146

(P2001-147146A)

(43) 公開日 平成13年5月29日 (2001.5.29)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード(参考)
G 0 1 F 23/28		G 0 1 F 23/22	H 2 C 0 5 6
B 4 1 J 2/175		23/64	Z 2 F 0 1 3
G 0 1 F 23/22		23/28	S 2 F 0 1 4
23/64		B 4 1 J 3/04	1 0 2 Z
H 0 1 L 41/09		H 0 1 L 41/08	U

審査請求 未請求 請求項の数25 O L (全 44 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2000-147057(P2000-147057)

(22) 出願日 平成12年5月18日 (2000.5.18)

(31) 優先権主張番号 特願平11-139683

(32) 優先日 平成11年5月20日 (1999.5.20)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(31) 優先権主張番号 特願平11-256522

(32) 優先日 平成11年9月10日 (1999.9.10)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

(72) 発明者 塚田 憲児

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ

ーエプソン株式会社内

(72) 発明者 金谷 宗秀

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ

ーエプソン株式会社内

(74) 代理人 100093388

弁理士 鈴木 喜三郎 (外2名)

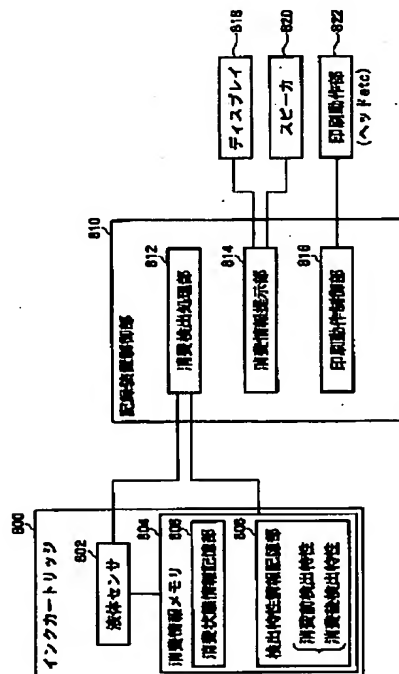
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 液体容器および液体消費検出装置

(57) 【要約】

【課題】 圧電素子を利用する液体消費検出に関し、検出結果を好適に利用可能とし、また、検出能力の向上を可能とする。

【解決手段】 液体容器としてのインクカートリッジ800は、容器内の液体の消費状態を検出する圧電素子をもつ液体センサ802と、記憶手段としての消費情報メモリ804とを備える。消費情報メモリ804は、液体センサ802を用いた消費状態の検出に関連する消費関連情報を記憶する書換可能なメモリである。消費関連情報は例えば検出結果の消費状態情報である。インクカートリッジ800が脱着されても、以前の消費状態情報を利用できる。消費関連情報は、液体の消費状態に応じて検出されるべき検出特性でもよい。この検出特性に基づき、液体センサ802を使って消費状態が検出される。インクカートリッジ800の個体差の影響を受けずに消費状態を検出できる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 液体利用装置に装着される液体容器であって、

圧電素子を有する液体センサと、

記憶手段と、

を備えることを特徴とする液体容器。

【請求項 2】 前記記憶手段が消費関連情報を記憶することを特徴とする請求項 1 に記載の液体容器。

【請求項 3】 前記消費関連情報は、前記液体センサを用いて得られた消費状態情報を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の液体容器。

【請求項 4】 前記消費関連情報は、液体センサを用いて消費状況を取得する場合に利用する検出特性情報を含むことを特徴とする請求項 2 に記載の液体容器。

【請求項 5】 前記記憶手段は、前記検出特性情報として、前記液体容器内の液体の消費を開始する前の検出特性を示す消費前検出特性情報を記憶していることを特徴とする請求項 4 に記載の液体容器。

【請求項 6】 前記記憶手段は、前記検出特性情報として、液体が所定の検出目標まで消費されたときに検出される予定の検出特性を示す消費後検出特性情報を記憶していることを特徴とする請求項 4～5 のいずれかに記載の液体容器。

【請求項 7】 前記検出特性情報は、音響インピーダンスの大きさを表す共振周波数の情報であることを特徴とする請求項 5～6 に記載の液体容器。

【請求項 8】 前記記憶手段は、インク種情報を記憶することを特徴とする請求項 1 に記載の液体容器。

【請求項 9】 前記インク種情報は、液体センサを用いて取得した情報であることを特徴とする請求項 8 に記載の液体容器。

【請求項 10】 前記記憶手段は、前記液体利用装置に前記液体容器が装着された後に、前記検出特性情報の測定値を格納することを特徴とする請求項 4～7 のいずれかに記載の液体容器。

【請求項 11】 前記記憶手段は、前記液体容器の製造過程において、前記検出特性情報の測定値を格納することを特徴とする請求項 4～7 のいずれかに記載の液体容器。

【請求項 12】 前記記憶手段は、消費前情報を記憶することを特徴とする請求項 1 に記載の液体容器。

【請求項 13】 前記記憶手段は、消費変化量情報を記憶することを特徴とする請求項 1 に記載の液体容器。

【請求項 14】 前記液体センサと前記記憶手段とは同一の基板上に設けられていることを特徴とする請求項 1 に記載の液体容器。

【請求項 15】 前記基板は、前記液体容器から液体を供給する供給口の近傍に配置されていることを特徴とする請求項 14 に記載の液体容器。

【請求項 16】 前記液体センサと取付構造体が一体化

された取付モジュール体が前記基板に装着されていることを特徴とする請求項 14 または 15 に記載の液体容器。

【請求項 17】 前記基板を前記液体容器に対して位置決めする位置決め構造を含むことを特徴とする請求項 14～16 のいずれかに記載の液体容器。

【請求項 18】 前記液体センサにより、音響インピーダンスの変化に基づいて液体消費状態が検出されることを特徴とする請求項 1～17 のいずれかに記載の液体容器。

【請求項 19】 前記液体センサは残留振動状態を示す信号を出力し、残留振動状態が液体消費状態に応じて変化することに基づいて液体消費状態が検出されることを特徴とする請求項 18 に記載の液体容器。

【請求項 20】 前記記憶手段は半導体メモリを含むことを特徴とする請求項 1～19 のいずれかに記載の液体容器。

【請求項 21】 請求項 1～20 のいずれかに記載の液体容器において、前記液体容器は、インクジェット記録装置に装着されるインクカートリッジであることを特徴とする液体容器。

【請求項 22】 前記記憶手段は書換可能であることを特徴とする請求項 1 に記載の液体容器。

【請求項 23】 前記記憶手段は液体容器に一体に取り付けられていることを特徴とする請求項 1 に記載の液体容器。

【請求項 24】 前記記憶手段はインクに関する情報を記憶することを特徴とする請求項 1 に記載の液体容器。

【請求項 25】 基板と、  
圧電素子を有し前記基板の第 1 の位置に装着されるセンサと、  
前記基板の第 2 の位置に装着される記憶手段と、  
を備えることを特徴とする液体検出装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、音響インピーダンスの変化を検出することで、その中でも特に共振周波数の変化を検出することで、液体を収容する液体容器内の液体の消費状態を検知するための圧電装置が備えられた液体容器に関し、さらに詳しくは、圧力発生手段により圧力発生室のインクを印刷データに対応させて加圧してノズル開口からインク滴を吐出させて印刷するインクジェット記録装置に適用されるインクカートリッジに備えられ、インクカートリッジ内のインクの消費状態を検出する圧電装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 本発明が適用される液体容器として、インクジェット式記録装置に装着されるインクカートリッジを例にとって説明する。一般にインクジェット記録装置には、圧力発生室を加圧する圧力発生手段と、加圧さ

れたインクをノズル開口からインク滴として吐出するノズル開口とを備えたインクジェット式記録ヘッドが搭載されたキャリッジと、流路を介して記録ヘッドに供給されるインクを収容するインクタンクとを備えており、連続印刷が可能のように構成されている。インクタンクはインクが消費された時点で、ユーザが簡単に交換できるように、記録装置に対して着脱可能なカートリッジとして構成されているものが一般的である。

【0003】従来、インクカートリッジのインク消費の管理方法として、記録ヘッドによって吐出されるインク滴のカウント数と、印字ヘッドのメンテナンス工程で吸引されたインク量とをソフトウェアにより積算し、計算上でインク消費を管理する方法や、インクカートリッジに直接液面検出用の電極を2本取付けることによって、実際にインクが所定量消費された時点を検知することでインク消費を管理する方法などが知られていた。

【0004】しかしながら、ソフトウェアによりインク滴の吐出数や吸引されたインク量を積算してインク消費を計算上で管理する方法は、使用環境により、例えば使用室内の温度や湿度の高低、インクカートリッジの開封後の経過時間、ユーザサイドでの使用頻度の違いなどによって、インクカートリッジ内の圧力やインクの粘度が変化してしまい、計算上のインク消費量と実際の消費量との間に無視できない誤差が生じてしまうという問題があった。また同一カートリッジを一旦取外し、再度装着した場合には積算されたカウント値は一旦リセットされてしまうので、実際のインク残量がまったくわからなくなってしまうという問題もあった。

【0005】一方、電極によりインクが消費された時点の管理する方法は、インク消費のある一点の実量を検出できるため、インク残量を高い信頼性で管理できる。しかしながら、インクの液面を検出するためにインクは導電性でなくてはならず、よって使用されるインクの種類が限定されてしまう。また、電極とインクカートリッジとの間の液密構造が複雑化する問題がある。さらに、電極の材料として、通常は導電性が良く耐腐食性も高い貴金属を使用するので、インクカートリッジの製造コストがかさむという問題もあった。さらに、2本の電極をそれぞれインクカートリッジの別な場所に装着する必要があるため、製造工程が多くなり結果として製造コストがかさんでしまうという問題もあった。

#### 【0006】

【発明が解決しようとする課題】そこで本発明は、上記の課題を解決することのできる、液体の消費状態を正確に検出でき、かつ複雑なシール構造を不要とした液体容器を提供することを目的とする。また、本発明の他の目的は、インクの消費状態を正確に検出でき、かつ複雑なシール構造を不要としたインクカートリッジを提供することにある。

【0007】本発明は特に振動を利用して液体残量を検

出する技術を提供するとともに、そうした検出技術を改良する。本発明は、検出結果の好適な利用を可能とし、また、検出精度の向上を可能とする。なお、本発明は、インクカートリッジには限定されず、その他の液体容器の液体検出にも適用可能である。

【0008】上記の目的は特許請求の範囲における独立項に記載の特徴の組み合わせにより達成される。また従属項は本発明の更なる有利な具体例を規定する。

#### 【0009】

10 【課題を解決するための手段】本発明のある態様は、液体利用装置に装着される液体容器である。典型的には、液体利用装置がインクジェット記録装置であり、液体容器がインクカートリッジである。本発明の液体容器は、圧電素子を有する液体センサと、記憶手段と、を備える。好ましくは、容器内の液体の消費状態に応じた圧電素子の振動を示す検出信号を生成する。記憶手段は液体容器に関する情報を記憶する。記憶手段は好ましくは消費情報メモリであり、消費情報メモリは書換可能であり、液体センサを用いた消費状態の検出に関連する消費  
20 関連情報を記憶する。圧電素子を使うことで、液漏れもなく適切に消費状態を検出できる。圧電素子と関連づけられる記憶手段を備えたことにより、各液体容器に、その液体容器に必要な消費関連情報をもたせることができる。

【0010】消費関連情報は、前記液体センサを用いて得られた消費状態情報でもよい。例えば、液体を途中まで消費した状態で液体容器が液体利用装置から取り外されたとする。その液体容器が再度装着されたとき、または別の装置に装着されたとき、記憶手段から消費状態を読み出して利用できる。すなわち容器の脱着に伴って検出結果が失われるのを回避できる。そして消費状態をユーザに知らせたり、消費状態に基づく制御ができる。このように、本発明によれば、検出結果の好適な利用が可能となる。記憶手段は、液体センサが検出した消費状態に加えて、印刷量から推定した消費状態を記憶してもよい。

【0011】また、消費関連情報は、液体センサを用いて消費状況を取得する場合に利用する検出特性情報でもよく、好ましくは消費状態に応じて検出されるべき情報である。検出特性情報に基づいて液体センサを用いて消費状態が検出される。検出特性情報は、音響インピーダンスを示す情報、好ましくは共振周波数の情報でもよい。例えば、インクジェット記録装置の制御コンピュータが検出処理機能をもつとする。この制御コンピュータは、インクカートリッジの装着時に、カートリッジから検出特性情報を入手すればよい。

【0012】本発明は、特に、個々の液体容器の検出特性の相違に対して有利である。容器形状のばらつきや他の種々の要因により、液体容器に備えられたセンサの検出特性は容器ごとに異なる。そこで、好ましくは、各容  
50

器に固有の検出特性が測定され、記憶手段に格納される。この検出特性を用いることにより、容器間の特性のばらつきによる影響を低減でき、検出精度を向上できる。

【0013】検出特性情報は、液体容器内の液体の消費を開始する前の検出特性（音響インピーダンスなど）を示す消費前検出特性情報でもよい。また、検出特性情報は、液体が所定の検出目標まで消費されたときに検出される予定の検出特性を示す消費後検出特性情報でもよい。もちろん、消費前検出特性情報と消費後検出特性情報を両方記憶しておいてもよい。

【0014】記憶手段（消費情報メモリ）は、液体容器の液体を使用する装置に液体容器が装着された後に、検出特性情報の測定値を格納してもよい。例えば、インクジェット記録装置にインクカートリッジが装着されたとき、その直後に液体センサを用いて音響インピーダンスが検出される。その測定値が消費情報メモリに格納され、インク使用開始後は検出特性情報として利用される。予め用意された検出特性が、測定値に基づいて修正されてもよい。こうした初期の調整により、容器の個体差に基づくばらつきを適切に吸収でき、検出精度の向上が図れる。

【0015】記憶手段（消費情報メモリ）は、液体容器の製造過程において、検出特性情報の測定値を格納してもよい。製造過程で測定値を求めるので、液体注入前の検出特性の測定値も得られる。消費前検出特性情報と消費後検出特性情報の両方または一方を容易に格納できる。

【0016】記憶手段は、消費前情報を記憶してもよい。記憶手段は、消費変化量情報を記憶してもよい。

【0017】記憶手段はインクに関する情報を記憶してもよい。記憶手段はインク種情報を記憶してもよい。インク種情報は液体センサを用いて取得した情報でもよい。

【0018】液体センサと記憶手段は、液体容器上の異なる場所に配置されていてもよい。両構成は、液体容器上の同一壁面上で異なる場所に配置されていてもよい。両構成は、それぞれ、液体容器の異なる壁面に配置されていてもよい。液体センサの設置される壁面が、記憶手段（消費情報メモリ）の設置される壁面と直交していてもよい。

【0019】液体センサおよび記憶手段が、容器幅方向の中央に備えられていてもよい。両構成は、共に、液体容器から液体を供給する供給口の近傍であって、容器幅方向の中央に備えられていてもよい。装着時の容器の傾きに対する液体センサおよびメモリの位置ずれを小さくできるという利点が得られる。さらに、供給口の位置決め構成を利用して、液体センサおよびメモリの位置ずれを小さくできる。

【0020】液体センサと記憶手段とは同一の基板（消

費検出基板）上に設けられていてもよい。液体センサおよびメモリの取付が容易である。基板は、液体容器から液体を供給する供給口の近傍であって、容器幅方向の中央に配置されていてもよく、前述のように位置ずれを小さくできる。

【0021】また、液体センサと取付構造体が一体化された取付モジュール体が基板に装着されていてもよい。液体センサを外部から保護できる。また取付が容易になり、作業を簡略化でき、コストの低減を図れる。

【0022】基板を液体容器に対して位置決めする位置決め構造が設けられてもよい。取付位置精度を向上できる。

【0023】好ましくは液体消費に伴う音響インピーダンスの変化に基づいて消費状態が検出される。前記液体センサは、振動を発生した後の残留振動状態を示す信号を出力してもよい。残留振動状態が液体消費状態に応じて変化することに基づいて液体消費状態が検出される。

【0024】また前記液体センサは、前記液体容器の内部に向かって弾性波を発生するとともに、前記弾性波に対する反射波に応じた検出信号を生成してもよい。

【0025】記憶手段は、EEPROMのような半導体メモリでもよい。

【0026】本発明の別の態様は液体検出装置である。液体検出装置は、液体センサと記憶手段を有する。液体センサは圧電素子を有する。液体容器内の液体の消費状態に応じた圧電素子の振動を示す検出信号が生成される。記憶手段は書換可能であり、前記液体センサを用いた消費状態の検出に関連する消費関連情報を記憶する。

【0027】この態様では、液体センサおよびメモリの一方または両方が液体容器に備えられていなくてもよい。また、液体センサを用いた検出処理機能は、液体利用装置に配置されても、接続された外部の装置に配置されても、液体容器に配置されても、複数の場所に分けられてもよい。

【0028】例えば、液体センサは液体容器に備えられ、メモリおよび検出処理機能は液体利用装置に備えられたとする。検出処理機能は、液体容器を識別し、その液体容器に対応する消費関連情報を記憶手段から読み出して、使用する。

【0029】本発明の別の態様は、液体容器内の液体の消費状態を検出するために用いられる液体消費検出基板であって、センサと記憶手段を有する。

【0030】なお上記の発明の概要は、本発明の必要ない特徴の全てを列挙したものではなく、これらの特徴群のサブコンビネーションも又発明となりうる。

【0031】

【発明の実施の形態】以下、発明の実施の形態を通じて本発明を説明するが、以下の実施形態はクレームにかかる発明を限定するものではなく、又実施形態の中で説明されている特徴の組み合わせの全てが発明の解決手段に

必須であるとは限らない。

【0032】まず、本実施形態の原理を説明する。本実施の形態では、インク容器内のインク消費状態を検出する技術に本発明が適用される。インクの消費状態は、圧電素子を有する液体センサを用いて検出される。液体センサは、インク消費状態に応じた圧電素子の振動を示す検出信号を生成する。

【0033】本実施の形態の特徴として、インクカートリッジには、液体センサに加えて消費情報メモリが設けられる。消費情報メモリは、本発明の液体容器用の記憶手段の一形態である。消費情報メモリは、書換可能であり、液体センサを用いた消費状態の検出に関連する消費関連情報を記憶する。消費情報メモリを備えたことにより、各液体容器に、その液体容器に必要な消費関連情報をもたせることができる。

【0034】消費関連情報は、例えば、液体センサを用いて得られた消費状態情報である。インクカートリッジがインクジェット記録装置から取り外され、再度装着されるとする。メモリに消費状態情報が保持されているので、消費状態情報の消失が回避される。装着時に消費状態情報をメモリから読み出して利用できる。

【0035】また、消費関連情報は、液体の消費状態に応じて検出されるべき検出特性の情報でもよい。検出特性情報は、例えばインク消費状態に応じた音響インピーダンスを示す情報である。この検出特性情報が読み出され、消費状態の検出に使用される。この形態によれば、インクジェット装置が検出特性情報をもっていなくてもよい。カートリッジの設計変更による検出特性の変化にも好適に対処可能である。

【0036】本実施の形態は、インクカートリッジの個体差に対して有利である。カートリッジの製造ばらつき等に起因して、カートリッジごとに検出特性が少しずつ異なる。個々のカートリッジの検出特性を消費情報メモリに格納しておくことにより、個体差による影響を低減でき、検出精度の向上が図れる。

【0037】さらに、消費情報メモリは、本発明の記憶手段として、インクに関する情報を記憶する。記憶手段はインク種情報等も記憶する。またこの記憶手段は、製造年月日、クリーニングシーケンス情報、画像処理情報などの他の情報を記憶する。

【0038】以下では、図面を参照して本実施形態をより具体的に説明する。まず、圧電装置を用いて振動に基づいてインク消費を検出する技術の基本を説明する。これにつづいて、検出技術の各種応用を説明する。本実施の形態において、インクカートリッジは液体センサと消費情報メモリを有している。つづいて、図47を参照して、消費情報メモリに関連事項の詳細を説明する。

【0039】本実施の形態において、液体センサは具体的には圧電装置で構成される。以下の説明では、「アクチュエータ」「弾性波発生手段」が液体センサに相当す

る。また消費情報メモリは半導体メモリ（半導体記憶手段）である。

【0040】「インク消費を検出するカートリッジ」本発明の基本的概念は、振動現象を利用することで、液体容器内の液体の状態（液体容器内の液体の有無、液体の量、液体の水位、液体の種類、液体の組成を含む）を検出することである。具体的な振動現象を利用した液体容器内の液体の状態の検出としてはいくつかの方法が考えられる。例えば弾性波発生手段が液体容器の内部に対して弾性波を発生し、液面あるいは対向する壁によって反射する反射波を受波することで、液体容器内の媒体およびその状態の変化を検出する方法がある。また、これとは別に、振動する物体の振動特性から音響インピーダンスの変化を検知する方法もある。音響インピーダンスの変化を利用する方法としては、圧電素子を有する圧電装置またはアクチュエータの振動部を振動させ、その後に振動部に残留する残留振動によって生ずる逆起電力を測定することによって、共振周波数または逆起電力波形の振幅を検出することで音響インピーダンスの変化を検知する方法や、測定機、例えば伝送回路等のインピーダンスアナライザによって液体のインピーダンス特性またはアドミッタンス特性を測定し、電流値や電圧値の変化または、振動を液体に与えたときの電流値や電圧値の周波数による変化を測定する方法がある。弾性波発生手段および圧電装置またはアクチュエータの動作原理の詳細については後述する。

【0041】図1は、本発明が適用される単色、例えばブラックインク用のインクカートリッジの一実施形態の断面図である。図1のインクカートリッジは、上記に説明した方法のうちの、弾性波の反射波を受信して液体容器内の液面の位置や液体の有無を検出する方法に基づいている。弾性波を発生しまた受信する手段として弾性波発生手段3を用いる。インクを収容する容器1には、記録装置のインク供給針に接合するインク供給口2が設けられている。容器1の底面1aの外側には、弾性波発生手段3が容器を介して内部のインクに弾性波を伝達できるように取付けられている。インクKがほぼ消費されつくした段階、つまりインクニアエンドとなった時点で、弾性波の伝達がインクから気体へと変更するべく、弾性波発生手段3はインク供給口2よりも若干上方の位置に設けられている。なお、受信手段を別に設けて、弾性波発生手段3を単に発生手段として用いても良い。

【0042】インク供給口2にはパッキン4及び弁体6が設けられている。図3に示すように、パッキン4は記録ヘッド31に連通するインク供給針32と液密に係合する。弁体6は、バネ5によってパッキン4に対して常時弾接されている。インク供給針32が挿入されると、弁体6はインク供給針32に押されてインク流路を開放し、容器1内のインクがインク供給口2およびインク供給針32を介して記録ヘッド31へ供給される。容器1

の上壁の上には、インクカートリッジ内のインクに関する情報を格納した半導体記憶手段 7 が装着されている。

【0043】図 2 は、複数種類のインクを収容するインクカートリッジの一実施例を示す裏側から見た斜視図である。容器 8 は、隔壁により 3 つのインク室 9、10 及び 11 に分割される。それぞれのインク室には、インク供給口 12、13 及び 14 が形成されている。それぞれのインク室 9、10 及び 11 の底面 8a には、弾性波発生手段 15、16 および 17 が、容器 8 を介して各インク室内に収容されているインクに弾性波を伝達できるように取付けられている。

【0044】図 3 は、図 1 及び 2 に示したインクカートリッジに適したインクジェット記録装置の要部の実施形態を示す断面図である。記録用紙の幅方向に往復動可能なキャリッジ 30 は、サブタンクユニット 33 を備えていて、記録ヘッド 31 がサブタンクユニット 33 の下面に設けられている。また、インク供給針 32 はサブタンクユニット 33 のインクカートリッジ搭載面側に設けられている。

【0045】図 4 は、サブタンクユニット 33 の詳細を示す断面図である。サブタンクユニット 33 は、インク供給針 32、インク室 34、膜弁 36、及びフィルタ 37 を有する。インク室 34 内には、インクカートリッジからインク供給針 32 を介して供給されるインクが収容される。膜弁 36 は、インク室 34 とインク供給路 35 との間の圧力差により開閉するよう設計されている。インク供給路 35 は記録ヘッド 31 に連通しており、インクが記録ヘッド 31 まで供給される構造となっている。

【0046】図 3 に示すように、容器 1 のインク供給口 2 をサブタンクユニット 33 のインク供給針 32 に挿通すると、弁体 6 がパネ 5 に抗して後退し、インク流路が形成され、容器 1 内のインクがインク室 34 に流れ込む。インク室 34 にインクが充填された段階で、記録ヘッド 31 のノズル開口に負圧を作用させて記録ヘッド 31 にインクを充填した後、記録動作を実行する。

【0047】記録動作により記録ヘッド 31 においてインクが消費されると、膜弁 36 の下流側の圧力が低下するので、図 4 に示すように、膜弁 36 が弁体 38 から離れて開弁する。膜弁 36 が開くことにより、インク室 34 のインクはインク供給路 35 を介して記録ヘッド 31 に流れ込む。記録ヘッド 31 へのインクの流入に伴って、容器 1 のインクは、インク供給針 32 を介してサブタンクユニット 33 に流れ込む。

【0048】記録装置の動作期間中には、あらかじめ設定された検出のタイミング、例えば一定周期で弾性波発生手段 3 に駆動信号が供給される。弾性波発生手段 3 により発生された弾性波は、容器 1 の底面 1a を伝搬してインクに伝達され、インクを伝搬する。

【0049】弾性波発生手段 3 を容器 1 に貼着することにより、インクカートリッジ自体に残量検出機能を付与

することができる。本発明によれば、容器 1 の成形時における液面検出用の電極の埋め込みが不要となるので、射出成形工程が簡素化され、電極埋めこみ領域からの液漏れがなくなり、インクカートリッジの信頼性が向上できる。

【0050】図 5 は、弾性波発生手段 3、15、16、及び 17 の製造方法を示す。固定基板 20 は、焼成可能なセラミック等の材料により形成される。まず、図 5

(I) に示すように、固定基板 20 の表面に一方の電極となる導電材料層 21 を形成する。次に、図 5 (II) に示すように、導電材料層 21 の表面に圧電材料のグリーンシート 22 を重ねる。次に、図 5 (III) に示すように、プレス等により所定の形状にグリーンシート 22 を振動子の形状に成形し、自然乾燥後させた後、焼成温度、例えば 1200°C で焼成する。次に、図 5 (IV) に示すように、他方の電極となる導電材料層 23 をグリーンシート 22 の表面に形成して、たわみ振動可能に分極する。最後に、図 5 (V) に示すように、固定基板 20 を各素子毎に切断する。固定基板 20 を接着剤等により容器 1 の所定の面に固定することで、弾性波発生手段 3 が、容器 1 の所定の面に固定されて、残量検出機能付きインクカートリッジが完成する。

【0051】図 6 は、図 5 に示した弾性波発生手段 3 の他の実施形態を示す。図 5 の実施例においては、導電材料層 21 を接続電極として使用している。一方、図 6 の実施例においては、グリーンシート 22 により構成された圧電材料層の表面よりも上方の位置に、半田等により接続端子 21a 及び 23a を形成する。接続端子 21a 及び 23a により、弾性波発生手段 3 の回路基板への直接的な実装が可能となり、リード線の引き回しが不要となる。

【0052】ところで、弾性波は、気体、液体および固体を媒体として伝播することができる波の一種である。従って、媒体の変化により弾性波の波長、振幅、位相、振動数、伝播方向や伝播速度などが変化する。一方、弾性波の反射波も媒体の変化によってその波の状態や特性が異なる。従って、弾性波が伝播する媒体の変化によって変化する反射波を利用することで、その媒体の状態を知ることが可能となる。この方法によって液体容器内の液体の状態を検出する場合には、例えば弾性波送受信機を使用する。図 1～図 3 の形態を例にとりて説明すると送受信機は、はじめに媒体、例えば、液体または液体容器に弾性波を与え、その弾性波は媒体中を伝播し液体の表面に達する。液体の表面では液体と気体との境界を有するため、反射波を送受信機へ返す。送受信機は反射波を受信し、その反射波の往來時間や送信機が発生した弾性波と液体の表面が反射した反射波との振幅の減衰率などから、送信機または受信機と液体の表面との距離を測定することができる。これを利用して液体容器内の液体の状態を検出できる。弾性波発生手段 3 は、単体として



弾性波が伝播する媒体の変化による反射波を利用する方法における送受信機として使用してもよいし、別に専用の受信機を装着してもよい。

【0053】上記したように、弾性波発生手段3によって発生されインク液中を伝搬する弾性波は、インク液の密度や液面レベルによりインク液表面で生じる反射波の弾性波発生手段3への到来時間が変化する。したがって、インクの組成が一定である場合には、インク液表面で生じる反射波の到来時間がインクの量に左右される。したがって、弾性波発生手段3が弾性波を発生してからインク表面からの反射波が弾性波発生手段3に到達するまでの時間を検出することにより、インク量を検出することができる。また、弾性波は、インクに含まれている粒子を振動させるので、着色剤として顔料を使用した顔料系のインクの場合には、顔料等の沈殿を防止するのに寄与する。

【0054】弾性波発生手段3を容器1に設けることにより、印刷動作やメンテナンス動作によってインクカートリッジのインクがインクエンド近くまで減少して、弾性波発生手段3によって反射波が受信できなくなった場合には、インクニアエンドであると判定してインクカートリッジの交換を促すことができる。

【0055】図7は、本発明のインクカートリッジの他の実施例を示す。上下方向に間隔を設けて、複数の弾性波発生手段41~44が、容器1の側壁上に設けられている。図7のインクカートリッジは、弾性波発生手段41~44のそれぞれの位置にインクが存在するか否かにより、それぞれの弾性波発生手段41~44の装着位置のレベルにおけるインクの有無を検出できる。例えば、インクの水位が、弾性波発生手段44と43との間のレベルであるとき、弾性波発生手段44は、インクが無いと検出し、弾性波発生手段41、42及び43は、インクが有ると検出するので、インクの水位が、弾性波発生手段44と43との間のレベルであることが分かる。したがって、複数の弾性波発生手段41~44を設けることにより、インク残量を段階的に検出することができる。

【0056】図8及び図9は、それぞれ本発明のインクカートリッジの更に他の実施例を示す。図8に示した実施例においては、上下方向に斜めに形成された底面1aに、弾性波発生手段65が装着される。また、図9に示した実施例においては、垂直方向に長く延びる弾性波発生手段66が、側壁1bの底面近傍に設けられている。

【0057】図8及び図9の実施例によれば、インクが消費され、弾性波発生手段65及び66の一部が液面から露出するようになると、弾性波発生手段65及び66が発生した弾性波の反射波の到来時間及び音響インピーダンスが、液面の変化 $\Delta h_1$ 、 $\Delta h_2$ に対応して連続的に変化する。したがって、弾性波の反射波の到来時間又は音響インピーダンスの変化の度合いを検出することにより、インク残量のインクニアエンド状態からインクエ

ンドまでの過程を正確に検出することができる。

【0058】なお、上述の実施例においては、液体容器にインクを直接収容する形式のインクカートリッジに例を採って説明した。インクカートリッジの他の実施形態として、容器1内に多孔質弾性体を装填し、多孔質弾性体に液体インクを含浸させる形式のインクカートリッジに、上述の弾性波発生手段を装着してもよい。また、上述の実施例においてはたわみ振動型の圧電振動子を使用することによりカートリッジの大型化を抑えているが、縦振動型の圧電振動子を使用することも可能である。更に、上述の実施例においては、同一の弾性波発生手段により弾性波を送波し受波する。他の実施形態として、送波用と受波用とで異なった弾性波発生手段を用いて、インク残量を検出してもよい。

【0059】図10は、本発明のインクカートリッジの更に他の実施例を示す。上下方向に斜めに形成された底面1aに、上下方向に間隔を設けて、複数の弾性波発生手段65a、65b及び65cが、容器1に設けられている。この実施例によれば、複数の弾性波発生手段65a、65b、及び65cのそれぞれの位置にインクが存在するか否かにより、それぞれの弾性波発生手段65a、65b、及び65cの装着位置のレベルにおける、それぞれの弾性波発生手段65a、65b及び65cへの弾性波の反射波の到来時間が異なる。したがって、各弾性波発生手段65を走査して、弾性波発生手段65a、65b及び65cにおける弾性波の反射波の到来時間を検出することにより、それぞれの弾性波発生手段65a、65b及び65cの装着位置のレベルにおけるインクの有無を検出することができる。したがって、インク残量を段階的に検出することができる。例えば、インク液面が弾性波発生手段65bと弾性波発生手段65cとの間のレベルであるとき、弾性波発生手段65cはインク無しを検出し、一方弾性波発生手段65b及び65aはインク有りと検出する。これらの結果を総合評価することで、インク液面が弾性波発生手段65bと弾性波発生手段65cとの間に位置していることが分かる。

【0060】図11は、本発明のインクカートリッジの更に他の実施形態を示す。図11のインクカートリッジは、液面からの反射波の強度を上げるために、板材67をフロート68に取付けてインク液面を覆っている。板材67は、音響インピーダンスが高く、かつ耐インク性を備えた材料、例えばセラミックの板材によって形成される。

【0061】図12は、図11に示したインクカートリッジの他の実施形態を示す。図12のインクカートリッジは、図11のインクカートリッジと同様に、液面からの反射波の強度を上げるために、板材67をフロート68に取付けてインク液面を覆っている。図12(A)は、上下方向に斜めに形成された底面1aに、弾性波発生手段65が固定される。インク残量が少なくなり、弾



性波発生手段 65 が液面から露出すると、弾性波発生手段 65 が発生した弾性波の反射波の弾性波発生手段 65 への到来時間が変化するので、弾性波発生手段 65 の装着位置のレベルにおけるインクの有無が検出できる。弾性波発生手段 65 が、上下方向に斜めに形成された底面 1a に装着されているので、弾性波発生手段 65 がインク無しと検出した後でも、インクが容器 1 内に多少残されていることから、インクニアエンド時点のインク残量を検出することができる。

【0062】図 12 (B) は、上下方向に斜めに形成された底面 1a に、上下方向に間隔を設けて、複数の弾性波発生手段 65a、65b 及び 65c が、容器 1 に設けられている。図 12 (B) の実施例によれば、複数の弾性波発生手段 65a、65b、及び 65c のそれぞれの位置にインクが存在するか否かにより、それぞれの弾性波発生手段 65a、65b 及び 65c の装着位置のレベルにおける反射波の弾性波発生手段 65a、65b 及び 65c への到来時間が異なる。したがって、各弾性波発生手段 65 を走査して、各弾性波発生手段における反射波の到来時間を検出することにより、それぞれの弾性波発生手段 65a、65b 及び 65c の装着位置のレベルにおけるインクの有無を検出することができる。例えば、インク液面が、弾性波発生手段 65b と弾性波発生手段 65c との間のレベルであるとき、弾性波発生手段 65c はインク無しを検出し、一方弾性波発生手段 65b 及び 65a はインク有りと検出する。これらの結果を総合評価することで、インク液面が弾性波発生手段 65b と弾性波発生手段 65c との間に位置していることが分かる。

【0063】図 13 は、本発明のインクカートリッジの更に他の実施形態を示す。図 13 (A) に示したインクカートリッジは、容器 1 の内部に設けられた貫通孔 1c に少なくとも一部が対向するようにインク吸収体 74 が、配置されている。弾性波発生手段 70 は、貫通孔 1c に対向するように容器 1 の底面 1a に固定される。図 13 (B) に示したインクカートリッジは、貫通孔 1c に連通して形成された溝 1h に対向させてインク吸収体 75 が、配置されている。

【0064】図 13 に示した実施形態によれば、容器 1 内のインクが消費されてインク吸収体 74 及び 75 がインクから露出すると、インク吸収体 74 及び 75 のインクが自重により流れ出して記録ヘッド 31 にインクを供給する。インクが消費され尽くすと、インク吸収体 74 及び 75 は、貫通孔 1c に残存しているインクを吸い上げるので、貫通孔 1c の凹部からインクが完全に排出される。そのため、インクエンド時において弾性波発生手段 70 が発生した弾性波の反射波の状態が変化するので、インクエンドを更に確実に検出することができる。

【0065】図 14 は、貫通孔 1c の更に他の実施形態の平面を示す。図 14 (A) から (C) にそれぞれ示し

たように、貫通孔 1c の平面形状は、弾性波発生手段が取り付け可能な形状であれば、円形、矩形、及び三角形などの任意の形状でよい。

【0066】図 15 は、本発明のインクジェット記録装置の他の実施形態の断面を示す。図 15 (A) は、インクジェット記録装置のみの断面を示す。図 15 (B) は、インクジェット記録装置にインクカートリッジ 272 が装着されたときの断面を示す。インクジェット記録用紙の幅方向に往復動可能なキャリッジ 250 は、下面に記録ヘッド 252 を有する。キャリッジ 250 は、記録ヘッド 252 の上面にサブタンクユニット 256 を有する。サブタンクユニット 256 は、図 6 に示したサブタンクユニット 33 と同様の構成を有する。サブタンクユニット 256 は、インクカートリッジ 272 の搭載面側にインク供給針 254 を有する。キャリッジ 250 は、インクカートリッジ 272 を搭載する領域に、インクカートリッジ 272 の底部に対向するように凸部 258 を有する。凸部 258 は、圧電振動子などの弾性波発生手段 260 を有する。

【0067】図 16 は、図 15 に示した記録装置に適したインクカートリッジの実施形態を示す。図 16 (A) は、単色、例えばブラックインク用のインクカートリッジの実施形態を示す。本実施形態のインクカートリッジ 272 は、インクを収容する容器 274 と、記録装置のインク供給針 254 に接合するインク供給口 276 とを有する。容器 274 は、底面 274a に、凸部 258 と係合する凹部 278 を有する。凹部 278 は、超音波伝達材、例えばゲル化材 280 を収容する。

【0068】インク供給口 276 は、パッキン 282、弁体 286、及びバネ 284 を有する。パッキン 282 は、インク供給針 254 と液密に係合する。弁体 286 は、バネ 284 によりパッキン 282 に常時弾接される。インク供給針 254 が、インク供給口 276 に挿入されると、弁体 286 がインク供給針 254 に押されてインク流路を開放する。容器 274 の上部には、インクカートリッジ 272 のインク等に関する情報を格納した半導体記憶手段 288 が装着されている。

【0069】図 16 (B) は、複数種のインクを収容するインクカートリッジの実施形態を示す。容器 290 は、壁により複数の領域、すなわち、3つのインク室 292、294、296 に分割される。それぞれのインク室 292、294、及び 296 は、インク供給口 298、300 及び 302 を有する。容器 290 の底面 290a の各インク室 292、294、296 に対向する領域には、弾性波発生手段 260 が発生した弾性波を伝達するためのゲル化材 304、306、308 が、筒状の凹部 310、312、314 に収容されている。

【0070】図 15 (B) に示すように、インクカートリッジ 272 のインク供給口 276 をサブタンクユニット 256 のインク供給針 254 に挿通すると、弁体 28

6 がバネ 284 に抗して後退してインク流路が形成されるので、インクカートリッジ 272 内のインクがインク室 262 に流れ込む。インク室 262 にインクが充填された段階で、記録ヘッド 252 のノズル開口に負圧を作用させて記録ヘッド 252 にインクを充填した後、記録動作を実行する。記録動作により記録ヘッド 252 でインクが消費されると、膜弁 266 の下流側の圧力が低下するので、膜弁 266 が弁体 270 から離れて開弁する。膜弁 266 の開弁によりインク室 262 のインクが記録ヘッド 252 に流れ込む。記録ヘッド 252 へのインクの流入に伴ってインクカートリッジ 272 のインクが、サブタンクユニット 256 に流れ込む。

【0071】記録装置の動作期間中には、あらかじめ設定された検出のタイミング、例えば一定周期で弾性波発生手段 260 に駆動信号が供給される。弾性波発生手段 260 により発生された弾性波は、凸部 258 から放射され、インクカートリッジ 272 の底面 274 a のゲル化材 280 を伝搬してインクカートリッジ 272 内のインクに伝達される。図 15 ではキャリッジ 250 に弾性波発生手段 260 を設けたが、弾性波発生手段 260 をサブタンクユニット 256 内に設けてもよい。

【0072】弾性波発生手段 260 が発生した弾性波はインク液中を伝搬するので、インク液の密度やインクの液面レベルによって、液面で反射された反射波が弾性波派生手段 260 へ到来する時間が変化する。したがって、インクの組成が一定である場合には液表面で生じる反射波の到来時間がインク量にだけ左右される。したがって、弾性波発生手段 260 の励起後のインク液表面からの反射波が弾性波発生手段 260 に到達するまでの時間を検出することにより、インクカートリッジ 272 内のインク量を検出することができる。また、弾性波発生手段 260 が発生する弾性波は、インクに含まれている粒子を振動させるので、顔料等の沈殿を防止する。

【0073】印刷動作やメンテナンス動作によりインクカートリッジ 272 内のインクがインクエンド近くまで減少して、弾性波発生手段 260 による弾性波発生後のインク液表面からの反射波が受信できなくなった場合には、インクニアエンドであると判定してインクカートリッジ 272 の交換を促すことができる。なお、インクカートリッジ 272 が規定通りにキャリッジ 250 に装着されていない場合には、弾性波発生手段 260 による弾性波の伝搬形態が極端に変化する。これを利用し、弾性波の極端な変化を検知した場合には警報を発して、ユーザにインクカートリッジ 272 の点検を促すこともできる。

【0074】弾性波発生手段 260 が発生した弾性波の反射波の弾性波発生手段 260 への到来時間は、容器 274 に収容されているインクの密度により影響を受ける。インクの種類により、インクの密度がそれぞれ異なる場合があるので、インクカートリッジ 272 内に収容さ

れているインクの種類に関するデータを半導体記憶手段 288 に格納し、それに応じた検出シーケンスを実行することによってインク残量をより正確に検出することができる。

【0075】図 17 は、本発明のインクカートリッジ 272 の他の実施形態を示す。図 17 に示したインクカートリッジ 272 は、底面 274 a が上下方向に斜めに形成されている。図 17 のインクカートリッジ 272 は、インク残量が少なくなり、弾性波発生手段 260 の弾性波の照射領域の一部がインク液面から露出すると、弾性波発生手段 260 が発生した弾性波の反射波の弾性波発生手段 260 への到来時間が、インク液面の変化  $\Delta h_1$  に対応して連続的に変化する。 $\Delta h_1$  は、ゲル化材 280 の両端における底面 274 a の高さの差を示す。したがって、反射波の弾性波発生手段 260 への到来時間を検出することにより、インクニアエンド状態からインクエンドまでの過程を正確に検出することができる。

【0076】図 18 は、本発明のインクカートリッジ 272 及びインクジェット記録装置の更に他の実施形態を示す。図 18 のインクジェット記録装置は、インクカートリッジ 272 のインク供給口 276 側の側面 274 b に凸部 258' を有する。凸部 258' は、弾性波発生手段 260' を含む。凸部 258' に係合するようにゲル化材 280' が、インクカートリッジ 272 の側面 274 b に設けられている。図 18 のインクカートリッジ 272 によれば、インク残量が少なくなり、弾性波発生手段 260' の弾性波の照射領域の一部が液面から露出すると、弾性波発生手段 260' が発生した弾性波の反射波の弾性波発生手段 260' への到来時間及び音響インピーダンスが、液面の変化  $\Delta h_2$  に対応して連続的に変化する。 $\Delta h_2$  は、ゲル化材 280' の上端と下端との高さの差を表す。したがって、反射波の弾性波発生手段 260' への到来時間又は音響インピーダンスの変化の度合いを検出することにより、インクニアエンド状態からインクエンドまでの過程を正確に検出することができる。

【0077】なお、上述の実施例においては、容器 274 にインクを直接収容する形式のインクカートリッジに例を採って説明した。他の実施形態として、容器 274 に多孔質弾性体を装填し、多孔質弾性体にインクを含浸させる形式のインクカートリッジに弾性波発生手段 260 を適用してもよい。更に、上述の実施例においては、液面での反射波に基づいてインク残量を検出する場合に、同一の弾性波発生手段 260 及び 260' により弾性波を送波及び受波した。本発明はこれに限定されるものではなく、たとえば他の実施形態として弾性波の送波及び受波にそれぞれ異なった弾性波発生手段 260 を用いてもよい。

【0078】図 19 は、図 16 に示したインクカートリッジ 272 の他の実施形態を示す。インクカートリッジ

272は、板材316をフロート318に取付けて、インク液面を覆うことで、インク液面からの反射波の強度を上げる。板材316は、音響インピーダンスが高く、かつ耐インク性を備えた材料、たとえばセラミック等で形成されることが好ましい。

【0079】図20および図21は、圧電装置の一実施形態であるアクチュエータ106の詳細および等価回路を示す。ここでいうアクチュエータは、少なくとも音響インピーダンスの変化を検知して液体容器内の液体の消費状態を検出する方法に用いられる。特に、残留振動により共振周波数の検出することで、少なくとも音響インピーダンスの変化を検知して液体容器内の液体の消費状態を検出する方法に用いられる。図20(A)は、アクチュエータ106の拡大平面図である。図20(B)は、アクチュエータ106のB-B断面を示す。図20(C)は、アクチュエータ106のC-C断面を示す。

さらに図21(A)および図21(B)は、アクチュエータ106の等価回路を示す。また、図21(C)および図21(D)は、それぞれインクカートリッジ内にインクが満たされているときのアクチュエータ106を含む周辺およびその等価回路を示し、図21(E)および図21(F)は、それぞれインクカートリッジ内にインクが無いときのアクチュエータ106を含む周辺およびその等価回路を示す。

【0080】アクチュエータ106は、ほぼ中央に円形状の開口161を有する基板178と、開口161を被覆するように基板178の一方の面（以下、表面という）に配備される振動板176と、振動板176の表面の側に配置される圧電層160と、圧電層160を両方からはさみこむ上部電極164および下部電極166と、上部電極164と電気的に結合する上部電極端子168と、下部電極166と電気的に結合する下部電極端子170と、上部電極164および上部電極端子168の間に配設され、かつ両者を電気的に結合する補助電極172と、を有する。圧電層160、上部電極164および下部電極166はそれぞれの主要部として円形部分を有する。圧電層160、上部電極164および下部電極166のそれぞれの円形部分は圧電素子を形成する。

【0081】振動板176は、基板178の表面に、開口161を覆うように形成される。キャビティ162は、振動板176の開口161と面する部分と基板178の表面の開口161とによって形成される。基板178の圧電素子とは反対側の面（以下、裏面という）は液体容器側に面しており、キャビティ162は液体と接触するように構成されている。キャビティ162内に液体が入っても基板178の表面側に液体が漏れないように、振動板176は基板178に対して液密に取り付けられる。

【0082】下部電極166は振動板176の表面、即ち液体容器とは反対側の面に位置しており、下部電極1

66の主要部である円形部分の中心と開口161の中心とがほぼ一致するように取り付けられている。なお、下部電極166の円形部分の面積が開口161の面積よりも小さくなるように設定されている。一方、下部電極166の表面側には、圧電層160が、その円形部分の中心と開口161の中心とがほぼ一致するように形成されている。圧電層160の円形部分の面積は、開口161の面積よりも小さく、かつ下部電極166の円形部分の面積よりも大きくなるように設定されている。

【0083】一方、圧電層160の表面側には、上部電極164が、その主要部である円形部分の中心と開口161の中心とがほぼ一致するように形成される。上部電極164の円形部分の面積は、開口161および圧電層160の円形部分の面積よりも小さく、かつ下部電極166の円形部分の面積よりも大きくなるよう設定されている。

【0084】したがって、圧電層160の主要部は、上部電極164の主要部と下部電極166の主要部とによって、それぞれ表面側と裏面側とから挟みこまれる構造となっていて、圧電層160を効果的に変形駆動することができる。圧電層160、上部電極164および下部電極166のそれぞれの主要部である円形部分がアクチュエータ106における圧電素子を形成する。上述のように圧電素子は振動板176に接している。また、上部電極164の円形部分、圧電層160の円形部分、下部電極166の円形部分および開口161のうちで、面積が最も大きいのは開口161である。この構造によって、振動板176のうち実際に振動する振動領域は、開口161によって決定される。また、上部電極164の円形部分、圧電層160の円形部分および下部電極166の円形部分は開口161より面積が小さいので、振動板176がより振動しやすくなる。さらに、圧電層160と電気的に接続する下部電極166の円形部分および上部電極164の円形部分のうち、下部電極166の円形部分の方が小さい。従って、下部端子166の円形部分が圧電層160のうち圧電効果を発生する部分を決定する。

【0085】上部電極端子168は、補助電極172を介して上部電極164と電気的に接続するように振動板176の表面側に形成される。一方、下部電極端子170は、下部電極166に電気的に接続するように振動板176の表面側に形成される。上部電極164は、圧電層160の表面側に形成されるため、上部電極端子168と接続する途中において、圧電層160の厚さと下部電極166の厚さとの和に等しい段差を有する必要がある。上部電極164だけでこの段差を形成することは難しく、かりに可能であったとしても上部電極164と上部電極端子168との接続状態が弱くなってしまい、切断してしまう危険がある。そこで、補助電極172を補助部材として用いて上部電極164と上部電極端子16

8とを接続させている。このようにすることで、圧電層 160も上部電極 164も補助電極 172に支持された構造となり、所望の機械的強度を得ることができ、また上部電極 164と上部電極端子 168との接続を確実にすることが可能となる。

【0086】なお、圧電素子と振動板 176のうちの圧電素子に直面する振動領域とが、アクチュエータ 106において実際に振動する振動部である。また、アクチュエータ 106に含まれる部材は、互いに焼成されることによって一体的に形成されることが好ましい。アクチュエータ 106を一体的に形成することによって、アクチュエータ 106の取り扱いが容易になる。さらに、基板 178の強度を高めることによって振動特性が向上する。即ち、基板 178の強度を高めることによって、アクチュエータ 106の振動部のみが振動し、アクチュエータ 106のうち振動部以外の部分が振動しない。また、アクチュエータ 106の振動部以外の部分が振動しないためには、基板 178の強度を高めるのに対し、アクチュエータ 106の圧電素子を薄くかつ小さくし、振動板 176を薄くすることによって達成できる。

【0087】圧電層 160の材料としては、ジルコン酸チタン酸鉛 (PZT)、ジルコン酸チタン酸鉛ランタン (PLZT) または鉛を使用しない鉛レス圧電膜を用いることが好ましく、基板 178の材料としてジルコニアまたはアルミナを用いることが好ましい。また、振動板 176には、基板 178と同じ材料を用いることが好ましい。上部電極 164、下部電極 166、上部電極端子 168および下部電極端子 170は、導電性を有する材料、例えば、金、銀、銅、プラチナ、アルミニウム、ニッケルなどの金属を用いることができる。

【0088】上述したように構成されるアクチュエータ 106は、液体を収容する容器に適用することができる。例えば、インクジェット記録装置に用いられるインクカートリッジやインクタンク、あるいは記録ヘッドを洗浄するための洗浄液を収容した容器などに装着することができる。

【0089】図 20および図 21に示されるアクチュエータ 106は、液体容器の所定の場所に、キャビティ 162を液体容器内に収容される液体と接触するように装着される。液体容器に液体が十分に収容されている場合には、キャビティ 162内およびその外側は液体によって満たされている。一方、液体容器の液体が消費され、アクチュエータの装着位置以下まで液面が降下すると、キャビティ 162内には液体は存在しないか、あるいはキャビティ 162内には液体が残存されその外側には気体が存在する状態となる。アクチュエータ 106は、この状態の変化に起因する、少なくとも音響インピーダンスの相違を検出する。それによって、アクチュエータ 106は、液体容器に液体が十分に収容されている状態であるか、あるいはある一定以上の液体が消費された状

態であるかを検知することができる。さらに、アクチュエータ 106は、液体容器内の液体の種類も検出することが可能である。

【0090】ここでアクチュエータによる液面検出の原理について説明する。

【0091】媒体の音響インピーダンスの変化を検出するには、媒体のインピーダンス特性またはアドミッタンス特性を測定する。インピーダンス特性またはアドミッタンス特性を測定する場合には、例えば伝送回路を利用することができる。伝送回路は、媒体に一定電圧を印加し、周波数を変えて媒体に流れる電流を測定する。または、伝送回路は、媒体に一定電流を供給し、周波数を変えて媒体に印加される電圧を測定する。伝送回路で測定された電流値または電圧値の変化は音響インピーダンスの変化を示す。また、電流値または電圧値が極大または極小となる周波数  $f_m$  の変化も音響インピーダンスの変化を示す。

【0092】上記の方法とは別に、アクチュエータは、液体の音響インピーダンスの変化を共振周波数のみの変化を用いて検出することができる。液体の音響インピーダンスの変化を利用する方法として、アクチュエータの振動部が振動した後に振動部に残留する残留振動によって生ずる逆起電力を測定することによって共振周波数を検出する方法を用いる場合には、例えば圧電素子を利用することができる。圧電素子は、アクチュエータの振動部に残留する残留振動により逆起電力を発生する素子であり、アクチュエータの振動部の振幅によって逆起電力の大きさが変化する。従って、アクチュエータの振動部の振幅が大きいほど検出がしやすい。また、アクチュエータの振動部における残留振動の周波数によって逆起電力の大きさが変化する周期が変わる。従って、アクチュエータの振動部の周波数は逆起電力の周波数に対応する。ここで、共振周波数は、アクチュエータの振動部と振動部に接する媒体との共振状態における周波数をいう。

【0093】共振周波数  $f_s$  を得るために、振動部と媒体とが共振状態であるときの逆起電力測定によって得られた波形をフーリエ変換する。アクチュエータの振動は、一方向だけの変形ではなく、たわみや伸長等様々な変形をとともなうので、共振周波数  $f_s$  を含め様々な周波数を有する。よって、圧電素子と媒体とが共振状態であるときの逆起電力の波形をフーリエ変換し、最も支配的な周波数成分を特定することで、共振周波数  $f_s$  を判断する。

【0094】周波数  $f_m$  は、媒体のアドミッタンスが極大またはインピーダンスが極小であるときの周波数である。共振周波数  $f_s$  とすると、周波数  $f_m$  は、媒体の誘電損失または機械的損失などによって、共振周波数  $f_s$  に対しわずかな誤差を生ずる。しかし、実測される周波数  $f_m$  から共振周波数  $f_s$  を導出することは手間がかか

るため、一般には、周波数  $f_m$  を共振周波数に代えて使用する。ここで、アクチュエータ 106 の出力を伝送回路に入力することで、アクチュエータ 106 は少なくとも音響インピーダンスを検出することができる。

【0095】媒体のインピーダンス特性またはアドミタンス特性を測定し周波数  $f_m$  を測定する方法と、アクチュエータの振動部における残留振動振動によって生ずる逆起電力を測定することによって共振周波数  $f_s$  を測定する方法と、によって特定される共振周波数に差がほとんど無いことが実験によって証明されている。

【0096】アクチュエータ 106 の振動領域は、振動板 176 のうち開口 161 によって決定されるキャビティ 162 を構成する部分である。液体容器内に液体が十分に収容されている場合には、キャビティ 162 内には、液体が満たされ、振動領域は液体容器内の液体と接触する。一方で、液体容器内に液体が充分にない場合には、振動領域は液体容器内のキャビティに残った液体と接するか、あるいは液体と接触せず、気体または真空と接触する。

【0097】本発明のアクチュエータ 106 にはキャビティ 162 が設けられ、それによって、アクチュエータ 106 の振動領域に液体容器内の液体が残るように設計できる。その理由は次の通りである。

【0098】アクチュエータの液体容器への取り付け位置や取り付け角度によっては、液体容器内の液体の液面がアクチュエータの装着位置よりも下方にあるにもかかわらず、アクチュエータの振動領域に液体が付着してしまう場合がある。振動領域における液体の有無だけでアクチュエータが液体の有無を検出している場合には、アクチュエータの振動領域に付着した液体が液体の有無の正確な検出を妨げる。たとえば、液面がアクチュエータの装着位置よりも下方にある状態のとき、キャリッジの往復移動などにより液体容器が揺動して液体が波うち、振動領域に液滴が付着してしまうと、アクチュエータは液体容器内に液体が充分にあるとの誤った判断をしてしまう。そこで、逆にそこに液体を残存した場合であっても液体の有無を正確に検出するように設計されたキャビティを積極的に設けることで、液体容器が揺動して液面が波立ったとしても、アクチュエータの誤動作を防止することができる。このように、キャビティを有するアクチュエータを用いることで、誤動作を防ぐことができる。

【0099】また、図 21 (E) に示すように、液体容  

$$f_s = 1 / (2 * \pi * (M * Cact)^{1/2})$$
 で表される。ここで、M は振動部のイナータンス  $Mact$  と付加イナータンス  $M'$  との和である。Cact は振動部のコンプライアンスである。

【0103】図 20 (C) は、本実施例において、キャビティにインクが残存していないときのアクチュエータ 106 の断面図である。図 21 (A) および図 21 (B)

\* 器内に液体が無く、アクチュエータ 106 のキャビティ 162 に液体容器内の液体が残っている場合を、液体の有無の閾値とする。すなわち、キャビティ 162 の周辺に液体が無く、この閾値よりキャビティ内の液体が少ない場合は、インク無しと判断し、キャビティ 162 の周辺に液体があり、この閾値より液体が多い場合は、インク有りとして判断する。例えば、アクチュエータ 106 を液体容器の側壁に装着した場合、液体容器内の液体がアクチュエータの装着位置よりも下にある場合をインク無しと判断し、液体容器内の液体がアクチュエータの装着位置より上にある場合をインク有りとして判断する。このように閾値を設定することによって、キャビティ内のインクが乾燥してインクが無くなったときであってもインク無しと判断し、キャビティ内のインクが無くなったところにキャリッジの揺れなどで再度インクがキャビティに付着しても閾値を越えないので、インク無しと判断することができる。

【0100】ここで、図 20 および図 21 を参照しながら逆起電力の測定による媒体とアクチュエータ 106 の振動部との共振周波数から液体容器内の液体の状態を検出する動作および原理について説明する。アクチュエータ 106 において、上部電極端子 168 および下部電極端子 170 を介して、それぞれ上部電極 164 および下部電極 166 に電圧を印加する。圧電層 160 のうち、上部電極 164 および下部電極 166 に挟まれた部分には電界が生じる。その電界によって、圧電層 160 は変形する。圧電層 160 が変形することによって振動板 176 のうちの振動領域がたわみ振動する。圧電層 160 が変形した後しばらくは、たわみ振動がアクチュエータ 106 の振動部に残留する。

【0101】残留振動は、アクチュエータ 106 の振動部と媒体との自由振動である。従って、圧電層 160 に印加する電圧をパルス波形あるいは矩形波とすることで、電圧を印加した後に振動部と媒体との共振状態を容易に得ることができる。残留振動は、アクチュエータ 106 の振動部を振動させるため、圧電層 160 をも変形する。従って、圧電層 160 は逆起電力を発生する。その逆起電力は、上部電極 164、下部電極 166、上部電極端子 168 および下部電極端子 170 を介して検出される。検出された逆起電力によって、共振周波数が特定できるため、液体容器内の液体の状態を検出することができる。

【0102】一般に、共振周波数  $f_s$  は、  
 (式1)

は、キャビティにインクが残存していないときのアクチュエータ 106 の振動部およびキャビティ 162 の等価回路である。

【0104】 $Mact$  は、振動部の厚さと振動部の密度との積を振動部の面積で除したものであり、さらに詳細には、図 21 (A) に示すように、

$$M_{act} = M_{pzt} + M_{electrode1} + M_{electrode2} + M_{vib}$$

と表される。ここで、 $M_{pzt}$ は、振動部における圧電層 160 の厚さと圧電層 160 の密度との積を圧電層 160 の面積で除したものである。 $M_{electrode1}$ は、振動部における上部電極 164 の厚さと上部電極 164 の密度との積を上部電極 164 の面積で除したものである。 $M_{electrode2}$ は、振動部における下部電極 166 の厚さと下部電極 166 の密度との積を下部電極 166 の面積で除したものである。 $M_{vib}$ は、振動部における振動板 176 の厚さと振動板 176 の密度との積を振動板 176 の振動領域の面積で除したものである。ただし、 $M_{act}$ を振動部全体としての厚さ、密度および面積から算出することができるように、本実施例では、圧電層 160、上部電極 164、下部電極 166 および振動板 176 の振動領域のそれぞれの面積は、上述のような大小関係を有するものの、相互の面積の差は微小であることが好ましい。また、本実施例において、圧電層 160、上部電極 164 および下部電極 166 においては、それらの主要部である円形部分以外の部分は、主要部に対して無視\*

$$1/C_{act} = (1/C_{pzt}) + (1/C_{electrode1}) + (1/C_{electrode2}) + (1/C_{vib})$$

b) (式 3)

式 2 および式 3 より、図 21 (A) は、図 21 (B) のように表すこともできる。

【0107】コンプライアンス  $C_{act}$  は、振動部の単位面積に圧力をかけたときの変形によって媒体を受容できる体積を表す。また、コンプライアンス  $C_{act}$  は、変形のし易さを表すといってもよい。

【0108】図 21 (C) は、液体容器に液体が十分に ※

$$M'_{max} = (\pi * \rho / (2 * k^3)) * (2 * (2 * k * a)^3 / (3 * \pi)) / (\pi * a^2)^2 \quad (式 4)$$

( $a$  は振動部の半径、 $\rho$  は媒体の密度、 $k$  は波数である。)

【0110】で表される。尚、式 4 は、アクチュエータ 106 の振動領域が半径  $a$  の円形である場合に成立する。付加イナータンス  $M'$  は、振動部の付近にある媒体の作用によって、振動部の質量が見かけ上増加していることを示す量である。式 4 からわかるように、 $M'_{max}$  は振動部の半径  $a$  と、媒体の密度  $\rho$  とによって大きく変化する。

【0111】波数  $k$  は、

$$k = 2 * \pi * f_{act} / c \quad (式 5)$$

( $f_{act}$  は液体が触れていないときの振動部の共振周波数である。 $c$  は媒体中を伝播する音響の速度である。)

【0112】で表される。

【0113】図 21 (D) は、液体容器に液体が十分に収容され、アクチュエータ 106 の振動領域の周辺に液体が満たされている図 21 (C) の場合のアクチュエータ 106 の振動部およびキャビティ 162 の等価回路を示す。

【0114】図 21 (E) は、液体容器の液体が消費され、アクチュエータ 106 の振動領域の周辺に液体が無

(式 2)

\* できるだけ微小であることが好ましい。従って、アクチュエータ 106 において、 $M_{act}$  は、上部電極 164、下部電極 166、圧電層 160 および振動板 176 のうちの振動領域のそれぞれのイナータンスの和である。また、コンプライアンス  $C_{act}$  は、上部電極 164、下部電極 166、圧電層 160 および振動板 176 のうちの振動領域によって形成される部分のコンプライアンスである。

【0105】尚、図 21 (A)、図 21 (B)、図 21 (D)、図 21 (F) は、アクチュエータ 106 の振動部およびキャビティ 162 の等価回路を示すが、これらの等価回路において、 $C_{act}$  はアクチュエータ 106 の振動部のコンプライアンスを示す。 $C_{pzt}$ 、 $C_{electrode1}$ 、 $C_{electrode2}$  および  $C_{vib}$  はそれぞれ振動部における圧電層 160、上部電極 164、下部電極 166 および振動板 176 のコンプライアンスを示す。 $C_{act}$  は、以下の式 3 で表される。

【0106】

※ 収容され、アクチュエータ 106 の振動領域の周辺に液体が満たされている場合のアクチュエータ 106 の断面図を示す。図 21 (C) の  $M'_{max}$  は、液体容器に液体が十分に収容され、アクチュエータ 106 の振動領域の周辺に液体が満たされている場合の付加イナータンスの最大値を表す。 $M'_{max}$  は、

【0109】

※ ものの、アクチュエータ 106 のキャビティ 162 内には液体が残存している場合のアクチュエータ 106 の断面図を示す。式 4 は、例えば、液体容器に液体が満たされている場合に、インクの密度  $\rho$  などから決定される最大のイナータンス  $M'_{max}$  を表す式である。一方、液体容器内の液体が消費され、キャビティ 162 内に液体が残留しつつアクチュエータ 106 の振動領域の周辺にある液体が気体または真空になった場合には、

$$【0115】 M' = \rho * t / S \quad (式 6)$$

と表せる。 $t$  は、振動にかかわる媒体の厚さである。 $S$

40 は、アクチュエータ 106 の振動領域の面積である。この振動領域が半径  $a$  の円形の場合は、 $S = \pi * a^2$  である。従って、付加イナータンス  $M'$  は、液体容器に液体が十分に収容され、アクチュエータ 106 の振動領域の周辺に液体が満たされている場合には、式 4 に従う。一方で、液体が消費され、キャビティ 162 内に液体が残留しつつアクチュエータ 106 の振動領域の周辺にある液体が気体または真空になった場合には、式 6 に従う。

【0116】ここで、図 21 (E) のように、液体容器の液体が消費され、アクチュエータ 106 の振動領域の周辺に液体が無いものの、アクチュエータ 106 のキャ



ビティ 162 内には液体が残存している場合の付加イナータンス  $M'$  を便宜的に  $M'_{cav}$  とし、アクチュエータ 106 の振動領域の周辺に液体が満たされている場合の付加イナータンス  $M'_{max}$  と区別する。

【0117】図 21 (F) は、液体容器の液体が消費され、アクチュエータ 106 の振動領域の周辺に液体が無いものの、アクチュエータ 106 のキャビティ 162 内には液体が残存している図 21 (E) の場合のアクチュエータ 106 の振動部およびキャビティ 162 の等価回路を示す。

【0118】ここで、媒体の状態に関するパラメータは、式 6 において、媒体の密度  $\rho$  および媒体の厚さ  $t$  である。液体容器内に液体が十分に収容されている場合は、アクチュエータ 106 の振動部に液体が接触し、液体容器内に液体が十分に収容されていない場合は、キャビティ内部に液体が残存するか、もしくはアクチュエータ 106 の振動部に気体または真空が接触する。アクチュエータ 106 の周辺の液体が消費され、図 21 (C) の  $M'_{max}$  から図 21 (E) の  $M'_{cav}$  へ移行する過程における付加イナータンスを  $M'_{var}$  とすると、液体容器内の液体の収容状態によって、媒体の厚さ  $t$  が変化するため、付加イナータンス  $M'_{var}$  が変化し、共振周波数  $f_s$  も変化することになる。従って、共振周波数  $f_s$  を特定することによって、液体容器内の液体の有無を検出することができる。ここで、図 21 (E) に示すように  $t = d$  とした場合、式 6 を用いて  $M'_{cav}$  を表すと、式 6 の  $t$  にキャビティの深さ  $d$  を代入し、

$$【0119】 M'_{cav} = \rho * d / S \quad (式 7)$$

となる。

【0120】また、媒体が互いに種類の異なる液体であっても、組成の違いによって密度  $\rho$  が異なるため、付加イナータンス  $M'$  が変化し、共振周波数  $f_s$  も変化する。従って、共振周波数  $f_s$  を特定することで、液体の種類を検出できる。尚、アクチュエータ 106 の振動部にインクまたは空気のみが一方のみが接触し、混在していない場合には、式 4 によって計算しても、 $M'$  の相違を検出できる。

【0121】図 22 (A) は、インクタンク内のインクの量とインクおよび振動部の共振周波数  $f_s$  との関係を示すグラフである。ここでは液体の 1 例としてインクについて説明する。縦軸は、共振周波数  $f_s$  を示し、横軸は、インク量を示す。インク組成が一定であるとき、インク残量の低下に伴い、共振周波数  $f_s$  は、上昇する。

【0122】インク容器にインクが十分に収容され、アクチュエータ 106 の振動領域の周辺にインクが満たされている場合には、その最大付加イナータンス  $M'_{max}$  は式 4 に表わされる値となる。一方で、インクが消費され、キャビティ 162 内に液体が残留しつつアクチュエータ 106 の振動領域の周辺にインクが満たされていないときには、付加イナータンス  $M'_{var}$  は、媒体の厚さ

$t$  に基づいて式 6 によって算出される。式 6 中の  $t$  は振動にかかわる媒体の厚さであるから、アクチュエータ 106 のキャビティ 162 の  $d$  (図 20 (B) 参照) を小さく、即ち、基板 178 を十分に薄くすることによって、インクが徐々に消費されていく過程を検出することもできる (図 21 (C) 参照)。ここで、 $t_{ink}$  は振動にかかわるインクの厚さとし、 $t_{ink-max}$  は  $M'_{max}$  における  $t_{ink}$  とする。例えば、インクカートリッジの底面にアクチュエータ 106 をインクの液面に対してほぼ水平に

10 配備する。インクが消費され、インクの液面がアクチュエータ 106 から  $t_{ink-max}$  の高さ以下に達すると、式 6 により  $M'_{var}$  が徐々に変化し、式 1 により共振周波数  $f_s$  が徐々に変化する。従って、インクの液面が  $t$  の範囲内にある限り、アクチュエータ 106 はインクの消費状態を徐々に検出することができる。

【0123】また、アクチュエータ 106 の振動領域を大きくまたは長くし、かつ縦に配置することによってインクの消費による液面の位置にしたがって、式 6 中の  $S$  が変化する。従って、アクチュエータ 106 はインクが徐々に消費されていく過程を検出することもできる。例えば、インクカートリッジの側壁にアクチュエータ 106 をインクの液面に対してほぼ垂直に配備する。インクが消費され、インクの液面がアクチュエータ 106 の振動領域に達すると、水位の低下に伴い付加イナータンス  $M'$  が減少するので、式 1 により共振周波数  $f_s$  が徐々に増加する。従って、インクの液面が、キャビティ 162 の径  $2a$  (図 21 (C) 参照) の範囲内にある限り、アクチュエータ 106 はインクの消費状態を徐々に検出することができる。

30 【0124】図 22 (A) の曲線 X は、アクチュエータ 106 のキャビティ 162 を十分に浅くした場合や、アクチュエータ 106 の振動領域を十分に大きくまたは長くした場合のインクタンク内に収容されたインクの量とインクおよび振動部の共振周波数  $f_s$  との関係を表わしている。インクタンク内のインクの量が減少するとともに、インクおよび振動部の共振周波数  $f_s$  が徐々に変化していく様子が理解できる。

【0125】より詳細には、インクが徐々に消費されていく過程を検出することができる場合とは、アクチュエータ 106 の振動領域の周辺において、互いに密度が異なる液体と気体とがともに存在し、かつ振動にかかわる場合である。インクが徐々に消費されていくに従って、アクチュエータ 106 の振動領域周辺において振動にかかわる媒体は、液体が減少する一方で気体が増加する。例えば、アクチュエータ 106 をインクの液面に対して水平に配備した場合であって、 $t_{ink}$  が  $t_{ink-max}$  より小さいときには、アクチュエータ 106 の振動にかかわる媒体はインクと気体との両方を含む。したがって、アクチュエータ 106 の振動領域の面積  $S$  とすると、式 4 の  $M'_{max}$  以下になった状態をインクと気体の付加質量



で表すと、

\* \* 【0126】

$$M' = M'_{\text{air}} + M'_{\text{ink}} = \rho_{\text{air}} \cdot t_{\text{air}} / S + \rho_{\text{ink}} \cdot t_{\text{ink}} / S \quad (\text{式8})$$

となる。ここで、 $M'_{\text{air}}$ は空気のイナータンスであり、 $M'_{\text{ink}}$ はインクのイナータンスである。 $\rho_{\text{air}}$ は空気の密度であり、 $\rho_{\text{ink}}$ はインクの密度である。 $t_{\text{air}}$ は振動にかかわる空気の厚さであり、 $t_{\text{ink}}$ は振動にかかわるインクの厚さである。アクチュエータ106の振動領域周辺における振動にかかわる媒体のうち、液体が減少して気体が増加するに従い、アクチュエータ106がインクの液面に対しほぼ水平に配備されている場合には、 $t_{\text{air}}$ が増加し、 $t_{\text{ink}}$ が減少する。それによって、 $M'_{\text{var}}$ が徐々に減少し、共振周波数が徐々に増加する。よって、インクタンク内に残存しているインクの量またはインクの消費量を検出することができる。尚、式7において液体の密度のみの式となっているのは、液体※

$$1/M' = 1/M'_{\text{air}} + 1/M'_{\text{ink}} = S_{\text{air}} / (\rho_{\text{air}} \cdot t_{\text{air}}) + S_{\text{ink}} / (\rho_{\text{ink}} \cdot t_{\text{ink}})$$

(式9)

となる。

【0129】尚、式9は、アクチュエータ106のキャビティにインクが保持されない場合に適用される。アクチュエータ106のキャビティにインクが保持される場合については、式7、式8および式9によって計算することができる。

【0130】一方、基板178が厚く、即ち、キャビティ162の深さdが深く、dが媒体の厚さ $t_{\text{ink-max}}$ に比較的近い場合や、液体容器の高さに比して振動領域が非常に小さいアクチュエータを用いる場合には、実際上はインクが徐々に減少する過程を検出するというよりはインクの液面がアクチュエータの装着位置より上位置か下位置かを検出することになる。換言すると、アクチュエータの振動領域におけるインクの有無を検出することになる。例えば、図22(A)の曲線Yは、小さい円形の振動領域の場合におけるインクタンク内のインクの量とインクおよび振動部の共振周波数f sとの関係を示す。インクタンク内のインクの液面がアクチュエータの装着位置を通過する前後におけるインク量Qの間で、インクおよび振動部の共振周波数f sが激しく変化している様子が示される。このことから、インクタンク内にインクが所定量残存しているか否かを検出することができる。

【0131】図22(B)は、図22(A)の曲線Yにおけるインクの密度とインクおよび振動部の共振周波数f sとの関係を示す。液体の例としてインクを挙げている。図22(B)に示すように、インク密度が高くなると、付加イナータンスが大きくなるので共振周波数f sが低下する。すなわち、インクの種類によって共振周波数f sが異なる。したがって共振周波数f sを測定することによって、インクを再充填する際に、密度の異なるインクが混入されていないか確認することができる。

【0132】つまり、互いに種類の異なるインクを収容するインクタンクを識別できる。

※の密度に対して、空気の密度が無視できるほど小さい場合を想定しているからである。

【0127】アクチュエータ106がインクの液面に対しほぼ垂直に配備されている場合には、アクチュエータ106の振動領域のうち、アクチュエータ106の振動にかかわる媒体がインクのみ領域と、アクチュエータ106の振動にかかわる媒体が気体の領域との並列の等価回路(図示せず)と考えられる。アクチュエータ106の振動にかかわる媒体がインクのみ領域の面積を $S_{\text{ink}}$ とし、アクチュエータ106の振動にかかわる媒体が気体のみの領域の面積を $S_{\text{air}}$ とすると、

【0128】

【0133】続いて、液体容器内の液体が空の状態であってもアクチュエータ106のキャビティ162内に液体が残存するようにキャビティのサイズと形状を設定した時の、液体の状態を正確に検出できる条件を詳述する。アクチュエータ106は、キャビティ162内に液体が満たされている場合に液体の状態を検出できれば、キャビティ162内に液体が満たされていない場合であっても液体の状態を検出できる。

【0134】共振周波数f sは、イナータンスMの関数である。イナータンスMは、振動部のイナータンス $M_{\text{act}}$ と付加イナータンス $M'$ との和である。ここで、付加イナータンス $M'$ が液体の状態と関係する。付加イナータンス $M'$ は、振動部の付近にある媒体の作用によって振動部の質量が見かけ上増加していることを示す量である。即ち、振動部の振動によって見かけ上媒体を吸収することによる振動部の質量の増加分をいう。

【0135】従って、 $M'_{\text{cav}}$ が式4における $M'_{\text{max}}$ よりも大きい場合には、見かけ上吸収する媒体は全てキャビティ162内に残存する液体である。よって、液体容器内に液体が満たされている状態と同じである。この場合には $M'$ が変化しないので、共振周波数f sも変化しない。従って、アクチュエータ106は、液体容器内の液体の状態を検出できないことになる。

【0136】一方、 $M'_{\text{cav}}$ が式4における $M'_{\text{max}}$ よりも小さい場合には、見かけ上吸収する媒体はキャビティ162内に残存する液体および液体容器内の気体または真空である。このときには液体容器内に液体が満たされている状態とは異なり $M'$ が変化するので、共振周波数f sが変化する。従って、アクチュエータ106は、液体容器内の液体の状態を検出できる。

【0137】即ち、液体容器内の液体が空の状態、アクチュエータ106のキャビティ162内に液体が残存する場合に、アクチュエータ106が液体の状態を正確

に検出できる条件は、 $M'_{cav}$ が $M'_{max}$ よりも小さいことである。尚、アクチュエータ106が液体の状態を正確に検出できる条件 $M'_{max} > M'_{cav}$ は、キャビティ162の形状にかかわらない。

【0138】ここで、 $M'_{cav}$ は、キャビティ162の容量とほぼ等しい容量の液体の質量である。従って、 $M'_{max} > M'_{cav}$ の不等式から、アクチュエータ106が液体の状態を正確に検出できる条件は、キャビティ162の容量の条件として表すことができる。例えば、円形状のキャビティ162の開口161の半径を $a$ とし、

【0139】

$$M'_{max} > \rho * d / \pi a^2 \quad (式10)$$

である。式10を展開すると

$$【0140】 a / d > 3 * \pi / 8 \quad (式11)$$

という条件が求められる。尚、式10、式11は、キャビティ162の形状が円形の場合に限り成立する。円形でない場合の $M'_{max}$ の式を用い、式10中の $\pi a^2$ をその面積と置き換えて計算すれば、キャビティの幅および長さ等のディメンジョンと深さの関係が導き出せる。

【0141】従って、式11を満たす開口161の半径 $a$ およびキャビティ162の深さ $d$ であるキャビティ162を有するアクチュエータ106であれば、液体容器内の液体が空の状態であって、かつキャビティ162内に液体が残存する場合であっても、誤作動することなく液体の状態を検出できる。

【0142】付加イナータンス $M'$ は音響インピーダンス特性にも影響するので、残留振動によりアクチュエータ106に発生する逆起電力を測定する方法は、少なくとも音響インピーダンスの変化を検出しているともいえる。

【0143】また、本実施例によれば、アクチュエータ106が振動を発生してその後の残留振動によりアクチュエータ106に発生する逆起電力を測定している。しかし、アクチュエータ106の振動部が駆動電圧による自らの振動によって液体に振動を与えることは必ずしも必要ではない。即ち、振動部が自ら発振しなくても、それと接触しているある範囲の液体と共に振動することで、圧電層160がたわみ変形する。この残留振動が圧電層160に逆起電力電圧を発生させ、上部電極164および下部電極166にその逆起電力電圧を伝達する。この現象を利用することで媒体の状態を検出してもよい。例えば、インクジェット記録装置において、印字時における印字ヘッドの走査によるキャリッジの往復運動による振動によって発生するアクチュエータの振動部の周囲の振動を利用してインクタンクまたはその内部のインクの状態を検出してもよい。

【0144】図23(A)および図23(B)は、アクチュエータ106を振動させた後の、アクチュエータ106の残留振動の波形と残留振動の測定方法とを示す。

インクカートリッジ内のアクチュエータ106の装着位置レベルにおけるインク水位の上下は、アクチュエータ106が発振した後の残留振動の周波数変化や、振幅の変化によって検出することができる。図23(A)および図23(B)において、縦軸はアクチュエータ106の残留振動によって発生した逆起電力の電圧を示し、横軸は時間を示す。アクチュエータ106の残留振動によって、図23(A)および図23(B)に示すように電圧のアナログ信号の波形が発生する。次に、アナログ信号を、信号の周波数に対応するデジタル数値に変換する。

【0145】図23(A)および図23(B)に示した例においては、アナログ信号の4パルス目から8パルス目までの4個のパルスが生じる時間を計測することによって、インクの有無を検出する。

【0146】より詳細には、アクチュエータ106が発振した後、予め設定された所定の基準電圧を低電圧側から高電圧側へ横切る回数をカウントする。デジタル信号を4カウントから8カウントまでの間をHighとし、所定のクロックパルスによって4カウントから8カウントまでの時間を計測する。

【0147】図23(A)はアクチュエータ106の装着位置レベルよりも上位にインク液面があるときの波形である。一方、図23(B)はアクチュエータ106の装着位置レベルにおいてインクが無いときの波形である。図23(A)と図23(B)とを比較すると、図23(A)の方が図23(B)よりも4カウントから8カウントまでの時間が長いことがわかる。換言すると、インクの有無によって4カウントから8カウントまでの時間が異なる。この時間の相違を利用して、インクの消費状態を検出することができる。アナログ波形の4カウント目から数えるのは、アクチュエータ106の振動が安定してから計測をはじめるためである。4カウント目からとしたのは単なる一例であって、任意のカウントから数えてもよい。ここでは、4カウント目から8カウント目までの信号を検出し、所定のクロックパルスによって4カウント目から8カウント目までの時間を測定する。それによって、共振周波数を求める。クロックパルスは、インクカートリッジに取り付けられる半導体記憶装置等を制御するためのクロックと等しいクロックのパルスであることが好ましい。尚、8カウント目までの時間を測定する必要は無く、任意のカウントまで数えてもよい。図23においては、4カウント目から8カウント目までの時間を測定しているが周波数を検出する回路構成にしたがって、異なったカウント間隔内の時間を検出してもよい。

【0148】例えば、インクの品質が安定していてピークの振幅の変動が小さい場合には、検出の速度を上げるために4カウント目から6カウント目までの時間を検出することにより共振周波数を求めてもよい。また、イン

クの品質が不安定でパルスの振幅の変動が大きい場合には、残留振動を正確に検出するために4カウント目から12カウント目までの時間を検出してもよい。

【0149】また、他の実施例として所定期間内における逆起電力の電圧波形の波数を数えてもよい（図示せず）。この方法によっても共振周波数を求めることができる。より詳細には、アクチュエータ106が発振した後、所定期間だけデジタル信号をHighとし、所定の基準電圧を低電圧側から高電圧側へ横切る回数をカウントする。そのカウント数を計測することによってインクの有無を検出できるのである。

【0150】さらに、図23(A)および図23(B)を比較して分かるように、インクがインクカートリッジ内に満たされている場合とインクがインクカートリッジ内に無い場合とでは、逆起電力波形の振幅が異なる。従って、共振周波数を求めることなく、逆起電力波形の振幅を測定することによっても、インクカートリッジ内のインクの消費状態を検出してもよい。より詳細には、例えば、図23(A)の逆起電力波形の頂点と図23(B)の逆起電力波形の頂点との間に基準電圧を設定する。アクチュエータ106が発振した後、所定時間にデジタル信号をHighとし、逆起電力波形が基準電圧を横切った場合には、インクが無いと判断する。逆起電力波形が基準電圧を横切らない場合には、インクが有ると判断する。

【0151】図24は、アクチュエータ106の製造方法を示す。複数のアクチュエータ106（図24の例では4個）が一体に形成されている。図24に示した複数のアクチュエータの一体成形物を、それぞれのアクチュエータ106において切断することにより、図25に示すアクチュエータ106を製造する。図24に示す一体成形された複数のアクチュエータ106のそれぞれの圧電素子が円形である場合、一体成形物をそれぞれのアクチュエータ106において切断することにより、図20に示すアクチュエータ106を製造することができる。複数のアクチュエータ106を一体に形成することにより、複数のアクチュエータ106を同時に効率良く製造することができ、運搬時の取り扱いが容易となる。

【0152】アクチュエータ106は、薄板又は振動板176、基板178、弾性波発生手段又は圧電素子174、端子形成部材又は上部電極端子168、及び端子形成部材又は下部電極端子170を有する。圧電素子174は、圧電振動板又は圧電層160、上電極又は上部電極164、及び下電極又は下部電極166を含む。基板178の上面に振動板176が、形成され、振動板176の上面に下部電極166が形成されている。下部電極166の上面には、圧電層160が形成され、圧電層160の上面に、上部電極164が、形成されている。したがって、圧電層160の主要部は、上部電極164の主要部及び下部電極166の主要部によって、上下から

挟まれるように形成されている。

【0153】振動板176上に複数（図24の例では4個）の圧電素子174が形成されている。振動板176の表面に下部電極166が形成され、下部電極166の表面に圧電層160が形成され、圧電層160の上面に上部電極164が形成される。上部電極164及び下部電極166の端部に上部電極端子168及び下部電極端子170が形成される。4個のアクチュエータ106は、それぞれ別々に切断されて個別に使用される。

10 【0154】図25は、圧電素子が矩形のアクチュエータ106の一部分の断面を示す。

【0155】図26は、図25に示したアクチュエータ106の全体の断面を示す。基板178の圧電素子174と対向する面には、貫通孔178aが形成されている。貫通孔178aは振動板176によって封止されている。振動板176はアルミナや酸化ジルコニア等の電気絶縁性を備え、かつ弾性変形可能な材料によって形成されている。貫通孔178aと対向するように、圧電素子174が振動板176上に形成されている。下部電極166は貫通孔178aの領域から一方向、図26では左方に延びるように振動板176の表面に形成されている。上部電極164は貫通孔178aの領域から下部電極とは反対の方向に、図26では右方に延びるように圧電層160の表面に形成されている。上部電極端子168及び下部電極端子170は、それぞれ補助電極172及び下部電極166の上面に形成されている。下部電極端子170は下部電極166と電気的に接触し、上部電極端子168は補助電極172を介して上部電極164と電気的に接触して、圧電素子とアクチュエータ106の外部との間の信号の受け渡しをする。上部電極端子168及び下部電極端子170は、電極と圧電層とを合わせた圧電素子の高さ以上の高さを有する。

30 【0156】図27は、図24に示したアクチュエータ106の製造方法を示す。まず、グリーンシート940にプレスあるいはレーザー加工等を用いて貫通孔940aを穿孔する。グリーンシート940は焼成後に基板178となる。グリーンシート940はセラミック等の材料で形成される。次に、グリーンシート940の表面にグリーンシート941を積層する。グリーンシート941は、焼成後に振動板176となる。グリーンシート941は、酸化ジルコニア等の材料で形成される。次に、グリーンシート941の表面に導電層942、圧電層160、導電層944を圧膜印刷等の方法で順次形成する。導電層942は、後に下部電極166となり、導電層944は、後に上部電極164となる。次に、形成されたグリーンシート940、グリーンシート941、導電層942、圧電層160、及び導電層944を乾燥して焼成する。スペーサ部材947、948は、上部電極端子168と下部電極端子170の高さを底上げして圧電素子より高くする。スペーサ部材947、948は、

グリーンシート 940、941 と同材料を印刷、あるいはグリーンシートを積層して形成する。このスペーサ部材 947、948 により貴金属である上部電極端子 168 及び下部電極端子 170 の材料が少なく済む上に、上部電極端子 168 及び下部電極端子 170 の厚みを薄くできるので、上部電極端子 168 及び下部電極端子 170 を精度良く印刷でき、さらに安定した高さとすることができる。

【0157】導電層 942 の形成時に導電層 944 との接続部 944' 及びスペーサ部材 947 及び 948 を同時に形成すると、上部電極端子 168 及び下部電極端子 170 を容易に形成したり、強固に固定することができる。最後に、導電層 942 及び導電層 944 の端部領域に、上部電極端子 168 及び下部電極端子 170 を形成する。上部電極端子 168 及び下部電極端子 170 を形成する際、上部電極端子 168 及び下部電極端子 170 が、圧電層 160 に電氣的に接続されるように形成する。

【0158】図 28 は、本発明が適用されるインクカートリッジのさらに他の実施形態を示す。図 28 (A) は、本実施形態によるインクカートリッジの底部の断面図である。本実施形態のインクカートリッジは、インクを収容する容器 1 の底面 1a に貫通孔 1c を有する。貫通孔 1c の底部はアクチュエータ 650 によって塞がれ、インク溜部を形成する。

【0159】図 28 (B) は、図 28 (A) に示したアクチュエータ 650 及び貫通孔 1c の詳細な断面を示す。図 28 (C) は、図 28 (B) に示したアクチュエータ 650 及び貫通孔 1c の平面を示す。アクチュエータ 650 は振動板 72 および振動板 72 に固定された圧電素子 73 とを有する。振動板 72 及び基板 71 を介して圧電素子 73 が貫通孔 1c に対向するように、アクチュエータ 650 は、容器 1 の底面に固定される。振動板 72 は、弾性変形可能で耐インク性を備える。

【0160】容器 1 のインク量に依存して、圧電素子 73 及び振動板 72 の残留振動によって発生する逆起電力の振幅及び周波数が変化する。アクチュエータ 650 に対向する位置に貫通孔 1c が形成されていて、最小限の一定量のインクが貫通孔 1c に確保される。したがって、貫通孔 1c に確保されるインク量により決まるアクチュエータ 650 の振動の特性を予め測定しておくことにより、容器 1 のインクエンドを確実に検出することができる。

【0161】図 29 は貫通孔 1c の他の実施形態を示す。図 29 (A)、(B)、及び (C) のそれぞれにおいて、左側の図は、貫通孔 1c にインク K が無い状態を示し、右側の図は、貫通孔 1c にインク K が残った状態を示す。図 28 の実施形態においては、貫通孔 1c の側面は垂直な壁として形成されている。図 29 (A) においては、貫通孔 1c は、側面 1d が上下方向に斜めであ

り外側に拡大して開いている。図 29 (B) においては、段差部 1e 及び 1f が、貫通孔 1c の側面に形成されている。上方にある段差部 1f が、下方にある段差部 1e より広くなっている。図 29 (C) においては、貫通孔 1c は、インク K を排出しやすい方向、すなわちインク供給口 2 の方向へ延びる溝 1g を有する。

【0162】図 29 (A)～(C) に示した貫通孔 1c の形状によれば、インク溜部のインク K の量を少なくできる。従って、図 20 および図 21 で説明した  $M'_{cav}$  を  $M'_{max}$  と比較して小さくすることができるので、インクエンド時におけるアクチュエータ 650 の振動特性を、容器 1 に印刷可能な量のインク K が残存している場合と大きく異ならせることができるので、インクエンドをより確実に検出することができる。

【0163】図 30 はアクチュエータの他の実施形態を示す斜視図である。アクチュエータ 660 は、アクチュエータ 660 を構成する基板または取付プレート 78 の貫通孔 1c よりも外側にパッキン 76 を有する。アクチュエータ 660 の外周にはカシメ孔 77 が形成されている。アクチュエータ 660 は、カシメ孔 77 を介してカシメにより容器 1 に固定される。

【0164】図 31 (A)、(B) は、アクチュエータの更に他の実施形態を示す斜視図である。本実施形態においては、アクチュエータ 670 は、凹部形成基板 80 および圧電素子 82 を備える。凹部形成基板 80 の一方の面には凹部 81 がエッチング等の手法により形成され、他方の面には圧電素子 82 が取り付けられる。凹部形成基板 80 のうち、凹部 81 の底部が振動領域として作用する。従って、アクチュエータ 670 の振動領域は凹部 81 の周縁によって規定される。また、アクチュエータ 670 は、図 20 の実施例によるアクチュエータ 106 のうち、基板 178 および振動板 176 が一体として形成された構造と類似する。従って、インクカートリッジを製造する際に製造工程を短縮することができ、コストを低減させる。アクチュエータ 670 は、容器 1 に設けられた貫通孔 1c に埋め込み可能なサイズである。それによって、凹部 81 がキャピティとしても作用することができる。尚、図 20 の実施例によるアクチュエータ 106 を、図 31 の実施例によるアクチュエータ 670 と同様に貫通孔 1c に埋め込み可能なように形成してもよい。

【0165】図 32 は、アクチュエータ 106 を取り付けモジュール体 100 として一体形成した構成を示す斜視図である。モジュール体 100 はインクカートリッジの容器 1 の所定個所に装着される。モジュール体 100 は、インク液中の少なくとも音響インピーダンスの変化を検出することにより、容器 1 内の液体の消費状態を検知するように構成されている。本実施形態のモジュール体 100 は、容器 1 にアクチュエータ 106 を取り付けするための液体容器取付部 101 を有する。液体容器取付

部 101 は、平面がほぼ矩形の基台 102 上に駆動信号により発振するアクチュエータ 106 を収容した円柱部 116 を載せた構造になっている。モジュール体 100 が、インクカートリッジに装着されたときに、モジュール体 100 のアクチュエータ 106 が外部から接触できないように構成されているので、アクチュエータ 106 を外部の接触から保護することができる。なお、円柱部 116 の先端側エッジは丸みが付けられていて、インクカートリッジに形成された孔へ装着する際に嵌めやすくなっている。

【0166】図 33 は、図 32 に示したモジュール体 100 の構成を示す分解図である。モジュール体 100 は、樹脂からなる液体容器取付部 101 と、プレート 110 および凹部 113 を有する圧電装置装着部 105 とを含む。さらに、モジュール体 100 は、リードワイヤ 104a 及び 104b、アクチュエータ 106、およびフィルム 108 を有する。好ましくは、プレート 110 は、ステンレス又はステンレス合金等の錆びにくい材料から形成される。液体容器取付部 101 に含まれる円柱部 116 および基台 102 は、リードワイヤ 104a 及び 104b を収容できるように中心部に開口部 114 が形成され、アクチュエータ 106、フィルム 108、及びプレート 110 を収容できるように凹部 113 が形成される。アクチュエータ 106 はプレート 110 にフィルム 108 を介して接合され、プレート 110 およびアクチュエータ 106 は液体容器取付部 101 に固定される。従って、リードワイヤ 104a 及び 104b、アクチュエータ 106、フィルム 108 およびプレート 110 は、液体容器取付部 101 に一体として取り付けられる。リードワイヤ 104a 及び 104b は、それぞれアクチュエータ 106 の上部電極及び下部電極と結合して圧電層に駆動信号を伝達し、一方、アクチュエータ 106 が検出した共振周波数の信号を記録装置等へ伝達する。アクチュエータ 106 は、リードワイヤ 104a 及び 104b から伝達された駆動信号に基づいて一時的に発振する。アクチュエータ 106 は発振後に残留振動し、その振動によって逆起電力を発生させる。このとき、逆起電力波形の振動周期を検出することによって、液体容器内の液体の消費状態に対応した共振周波数を検出することができる。フィルム 108 は、アクチュエータ 106 とプレート 110 とを接着してアクチュエータを液密にする。フィルム 108 は、ポリオレフィン等によって形成し、熱融着で接着することが好ましい。

【0167】プレート 110 は円形状であり、基台 102 の開口部 114 は円筒状に形成されている。アクチュエータ 106 及びフィルム 108 は矩形状に形成されている。リードワイヤ 104、アクチュエータ 106、フィルム 108、及びプレート 110 は、基台 102 に対して着脱可能としてもよい。基台 102、リードワイヤ 104、アクチュエータ 106、フィルム 108、及び

プレート 110 は、モジュール体 100 の中心軸に対して対称に配置されている。更に、基台 102、アクチュエータ 106、フィルム 108、及びプレート 110 の中心は、モジュール体 100 のほぼ中心軸上に配置されている。

【0168】基台 102 の開口部 114 の面積は、アクチュエータ 106 の振動領域の面積よりも大きく形成されている。プレート 110 の中心でアクチュエータ 106 の振動部に直面する位置には、貫通孔 112 が形成されている。図 20 および図 21 に示したようにアクチュエータ 106 にはキャビティ 162 が形成され、貫通孔 112 とキャビティ 162 は、共にインク溜部を形成する。プレート 110 の厚さは、残留インクの影響を少なくするために貫通孔 112 の径に比べて小さいことが好ましい。例えば貫通孔 112 の深さはその径の 3 分の 1 以下の大きさであることが好ましい。貫通孔 112 は、モジュール体 100 の中心軸に対して対称なほぼ真円の形状である。また貫通孔 112 の面積は、アクチュエータ 106 のキャビティ 162 の開口面積よりも大きい。貫通孔 112 の断面の周縁はテーパー形状であっても良いしステップ形状でもよい。モジュール体 100 は、貫通孔 112 が容器 1 の内側へ向くように容器 1 の側部、上部、又は底部に装着される。インクが消費されアクチュエータ 106 周辺のインクがなくなると、アクチュエータ 106 の共振周波数が大きく変化するので、インクの水位変化を検出することができる。

【0169】図 34 は、モジュール体の他の実施形態を示す斜視図である。本実施形態のモジュール体 400 は、液体容器取付部 401 に圧電装置装着部 405 が形成されている。液体容器取付部 401 は、平面がほぼ角丸の正方形上の基台 402 上に円柱状の円柱部 403 が形成されている。更に、圧電装置装着部 405 は、円柱部 403 上に立てられた板状要素 406 および凹部 413 を含む。板状要素 406 の側面に設けられた凹部 413 には、アクチュエータ 106 が配置される。なお、板状要素 406 の先端は所定角度に面取りされていて、インクカートリッジに形成された孔へ装着する際に嵌めやすくなっている。

【0170】図 35 は、図 34 に示したモジュール体 400 の構成を示す分解斜視図である。図 32 に示したモジュール体 100 と同様に、モジュール体 400 は、液体容器取付部 401 および圧電装置装着部 405 を含む。液体容器取付部 401 は基台 402 および円柱部 403 を有し、圧電装置装着部 405 は板状要素 406 および凹部 413 を有する。アクチュエータ 106 は、プレート 410 に接合されて凹部 413 に固定される。モジュール体 400 は、リードワイヤ 404a 及び 404b、アクチュエータ 106、及びフィルム 408 をさらに有する。

【0171】本実施形態によれば、プレート 410 は矩

形状であり、板状要素 406 に設けられた開口部 414 は矩形状に形成されている。リードワイヤ 404a 及び 404b、アクチュエータ 106、フィルム 408、及びプレート 410 は基台 402 に対して着脱可能として構成しても良い。アクチュエータ 106、フィルム 408、及びプレート 410 は、開口部 414 の中心を通り、開口部 414 の平面に対して鉛直方向に延びる中心軸に対して対称に配置されている。更に、アクチュエータ 406、フィルム 408、及びプレート 410 の中心は、開口部 414 のほぼ中心軸上に配置されている。

【0172】プレート 410 の中心に設けられた貫通孔 412 の面積は、アクチュエータ 106 のキャビティ 162 の開口の面積よりも大きく形成されている。アクチュエータ 106 のキャビティ 162 と貫通孔 412 とは、共にインク溜部を形成する。プレート 410 の厚さは貫通孔 412 の径に比べて小さく、例えば貫通孔 412 の径の 3 分の 1 以下の大きさに設定することが好ましい。貫通孔 412 は、モジュール体 400 の中心軸に対して対称なほぼ真円の形状である。貫通孔 412 の断面の周縁はテーパー形状であっても良いステップ形状でもよい。モジュール体 400 は、貫通孔 412 が容器 1 の内部に配置されるように容器 1 の底部に装着することができる。アクチュエータ 106 が垂直方向に延びるように容器 1 内に配置されるので、基台 402 の高さを変えてアクチュエータ 106 が容器 1 内に配置される高さを変えることによりインクエンドの時点の設定を容易に変えることができる。

【0173】図 36 は、モジュール体の更に他の実施形態を示す。図 32 に示したモジュール体 100 と同様に、図 36 のモジュール体 500 は、基台 502 および円柱部 503 を有する液体容器取付部 501 を含む。また、モジュール体 500 は、リードワイヤ 504a 及び 504b、アクチュエータ 106、フィルム 508、及びプレート 510 をさらに有する。液体容器取付部 501 に含まれる基台 502 は、リードワイヤ 504a 及び 504b を収容できるよう中心部に開口部 514 が形成され、アクチュエータ 106、フィルム 508、及びプレート 510 を収容できるように凹部 513 が形成される。アクチュエータ 106 はプレート 510 を介して圧電装置装着部 505 に固定される。従って、リードワイヤ 504a 及び 504b、アクチュエータ 106、フィルム 508 およびプレート 510 は、液体容器取付部 501 に一体として取り付けられる。本実施形態のモジュール体 500 は、平面がほぼ角丸の正方形上の基台上に上面が上下方向に斜めな円柱部 503 が形成されている。円柱部 503 の上面の上下方向に斜めに設けられた凹部 513 上にアクチュエータ 106 が配置されている。

【0174】モジュール体 500 の先端は傾斜しており、その傾斜面にアクチュエータ 106 が装着されてい

る。そのため、モジュール体 500 が容器 1 の底部又は側部に装着されると、アクチュエータ 106 が容器 1 の上下方向に対して傾斜する。モジュール体 500 の先端の傾斜角度は、検出性能を鑑みてほぼ  $30^\circ$  から  $60^\circ$  の間とすることが望ましい。

【0175】モジュール体 500 は、アクチュエータ 106 が容器 1 内に配置されるように容器 1 の底部又は側部に装着される。モジュール体 500 が容器 1 の側部に装着される場合には、アクチュエータ 106 が、傾斜しつつ、容器 1 の上側、下側、又は横側を向くように容器 1 に取り付けられる。一方、モジュール体 500 が、容器 1 の底部に装着される場合には、アクチュエータ 106 が、傾斜しつつ、容器 1 のインク供給口側を向くように容器 1 に取り付けられることが好ましい。

【0176】図 37 は、図 32 に示したモジュール体 100 を容器 1 に装着したときのインク容器の底部近傍の断面図である。モジュール体 100 は、容器 1 の側壁を貫通するように装着されている。容器 1 の側壁とモジュール体 100 との接合面には、リング 365 が設けられ、モジュール体 100 と容器 1 との液密を保っている。リングでシールが出来るようにモジュール体 100 は図 32 で説明したような円柱部を備えることが好ましい。モジュール体 100 の先端が容器 1 の内部に挿入されることで、プレート 110 の貫通孔 112 を介して容器 1 内のインクがアクチュエータ 106 と接触する。アクチュエータ 106 の振動部の周囲が液体が気体かによってアクチュエータ 106 の残留振動の共振周波数が異なるので、モジュール体 100 を用いてインクの消費状態を検出することができる。また、モジュール体 100 に限らず、図 34 に示したモジュール体 400、図 36 に示したモジュール体 500、又は図 38 に示したモジュール体 700A 及び 700B、及びモールド構造体 600 を容器 1 に装着してインクの有無を検出してもよい。

【0177】図 38 (A) はモジュール体 700B を容器 1 に装着したときのインク容器の断面図を示す。本実施例では取付構造体の一つとしてモジュール体 700B を使用する。モジュール体 700B は、液体容器取付部 360 が容器 1 の内部に突出するようにして容器 1 に装着されている。取付プレート 350 には貫通孔 370 が形成され、貫通孔 370 とアクチュエータ 106 の振動部が面している。更に、モジュール体 700B の底壁には孔 382 が形成され、圧電装置装着部 363 が形成される。アクチュエータ 106 が孔 382 の一方を塞ぐようにして配備される。したがって、インクは、圧電装置装着部 363 の孔 382 及び取付プレート 350 の貫通孔 370 を介して振動板 176 と接触する。圧電装置装着部 363 の孔 382 及び取付プレート 350 の貫通孔 370 は、共にインク溜部を形成する。圧電装置装着部 363 とアクチュエータ 106 とは、取付プレート 35



0 及びフィルム部材によって固定されている。液体容器取付部 360 と容器 1 との接続部にはシーリング構造 372 が設けられている。シーリング構造 372 は合成樹脂等の可塑性の材料により形成されてもよいし、リングにより形成されてもよい。図 38 (A) のモジュール体 700B と容器 1 とは別体であるが、図 38 (B) ようにモジュール体 700B の圧電装置装着部を容器 1 の一部で構成してもよい。

【0178】図 38 (A) のモジュール体 700B は、図 32 から図 36 に示したリードワイヤのモジュール体 10 への埋め込みが不要となる。そのため成形工程が簡素化される。更に、モジュール体 700B の交換が可能となりリサイクルが可能となる。

【0179】インクカートリッジが揺れる際にインクが容器 1 の上面あるいは側面に付着し、容器 1 の上面あるいは側面から垂れてきたインクがアクチュエータ 106 に接触することでアクチュエータ 106 が誤作動する可能性がある。しかし、モジュール体 700B は液体容器取付部 360 が容器 1 の内部に突出しているため、容器 1 の上面や側面から垂れてきたインクによりアクチュエータ 106 が誤作動しない。

【0180】また、図 38 (A) の実施例では、振動板 176 と取付プレート 350 の一部のみが、容器 1 内のインクと接触するように容器 1 に装着される。図 38 (A) の実施例では、図 32 から図 36 に示したリードワイヤ 104a、104b、404a、404b、504a、及び 504b の電極のモジュール体への埋め込みが不要となる。そのため成形工程が簡素化される。更に、アクチュエータ 106 の交換が可能となりリサイクルが可能となる。

【0181】図 38 (B) は、アクチュエータ 106 を容器 1 に装着したときの実施例としてインク容器の断面図を示す。図 38 (B) の実施例によるインクカートリッジでは、保護部材 361 はアクチュエータ 106 とは別体として容器 1 に取り付けられている。従って、保護部材 361 とアクチュエータ 106 とはモジュールとして一体となっていないが、一方で、保護部材 361 はアクチュエータ 106 にユーザーの手が触れないように保護することができる。アクチュエータ 106 の前面に設けられる孔 380 は、容器 1 の側壁に配設されている。アクチュエータ 106 は、圧電層 160、上部電極 164、下部電極 166、振動板 176 及び取付プレート 350 を含む。取付プレート 350 の上面に振動板 176 が形成され、振動板 176 の上面に下部電極 166 が形成されている。下部電極 166 の上面には圧電層 160 が形成され、圧電層 160 の上面に上部電極 164 が形成されている。したがって、圧電層 160 の主要部は、上部電極 164 の主要部及び下部電極 166 の主要部によって上下から挟まれるように形成されている。圧電層 160、上部電極 164、及び下部電極 166 のそれぞれ

れの主要部である円形部分は、圧電素子を形成する。圧電素子は振動板 176 上に形成される。圧電素子及び振動板 176 の振動領域はアクチュエータが実際に振動する振動部である。取付プレート 350 には貫通孔 370 が設けられている。更に、容器 1 の側壁には孔 380 が形成されている。したがって、インクは、容器 1 の孔 380 及び取付プレート 350 の貫通孔 370 を介して振動板 176 と接触する。容器 1 の孔 380 及び取付プレート 350 の貫通孔 370 は、共にインク溜部を形成する。また、図 38 (B) の実施例では、アクチュエータ 106 は保護部材 361 により保護されているのでアクチュエータ 106 を外部との接触から保護できる。

【0182】尚、図 38 (A) および (B) の実施例における取付プレート 350 に代えて、図 20 の基板 178 を使用してもよい。

【0183】図 38 (C) はアクチュエータ 106 を含むモールド構造体 600 を備える実施形態を示す。本実施例では、取付構造体の 1 つとしてモールド構造体 600 を使用する。モールド構造体 600 はアクチュエータ 106 とモールド部 364 とを有する。アクチュエータ 106 とモールド部 364 とは一体に形成されている。モールド部 364 はシリコン樹脂等の可塑性の材料によって形成される。モールド部 364 は内部にリードワイヤ 362 を有する。モールド部 364 はアクチュエータ 106 から延びる 2 本の足を有するように形成されている。モールド部 364 はモールド部 364 と容器 1 とを液密に固定するために、モールド部 364 の 2 本の足の端が半球状に形成される。モールド部 364 はアクチュエータ 106 が容器 1 の内部に突出するように容器 1 に装着され、アクチュエータ 106 の振動部は容器 1 内のインクと接触する。モールド部 364 によって、アクチュエータ 106 の上部電極 164、圧電層 160、及び下部電極 166 はインクから保護されている。

【0184】図 38 (C) のモールド構造体 600 は、モールド部 364 と容器 1 との間にシーリング構造 372 が必要ないので、インクが容器 1 から漏れにくい。また、容器 1 の外部からモールド構造体 600 が突出しない形態であるので、アクチュエータ 106 を外部との接触から保護することができる。インクカートリッジが揺れる際に、インクが容器 1 の上面あるいは側面に付き、容器 1 の上面あるいは側面から垂れてきたインクが、アクチュエータ 106 に接触することで、アクチュエータ 106 が、誤作動する可能性がある。モールド構造体 600 は、モールド部 364 が、容器 1 の内部に突出しているため、容器 1 の上面や側面から垂れてきたインクにより、アクチュエータ 106 が誤作動しない。

【0185】図 39 は、図 20 に示したアクチュエータ 106 を用いたインクカートリッジ及びインクジェット記録装置の実施形態を示す。複数のインクカートリッジ 180 は、それぞれのインクカートリッジ 180 に対応



した複数のインク導入部182及びホルダー184を有するインクジェット記録装置に装着される。複数のインクカートリッジ180は、それぞれ異なった種類、例えば色のインクを収容する。複数のインクカートリッジ180のそれぞれの底面には、少なくとも音響インピーダンスを検出する手段であるアクチュエータ106が装着されている。アクチュエータ106をインクカートリッジ180に装着することによって、インクカートリッジ180内のインク残量を検出することができる。

【0186】図40は、インクジェット記録装置のヘッド部周辺の詳細を示す。インクジェット記録装置は、インク導入部182、ホルダー184、ヘッドプレート186、及びノズルプレート188を有する。インクを噴射するノズル190がノズルプレート188に複数形成されている。インク導入部182は空気供給口181とインク導入口183とを有する。空気供給口181はインクカートリッジ180に空気を供給する。インク導入口183はインクカートリッジ180からインクを導入する。インクカートリッジ180は空気導入口185とインク供給口187とを有する。空気導入口185はインク導入部182の空気供給口181から空気を導入する。インク供給口187はインク導入部182のインク導入口183にインクを供給する。インクカートリッジ180がインク導入部182から空気を導入することによって、インクカートリッジ180からインク導入部182へのインクの供給を促す。ホルダー184は、インクカートリッジ180からインク導入部182を介して供給されたインクをヘッドプレート186に連通する。

【0187】図41は、図40に示したインクカートリッジ180の他の実施形態を示す。図41(A)のインクカートリッジ180Aは、上下方向に斜めに形成された底面194aにアクチュエータ106が装着されている。インクカートリッジ180のインク容器194の内部には、インク容器194の内部底面から所定の高さの、アクチュエータ106と直面する位置に防波壁192が設けられている。アクチュエータ106が、インク容器194の上下方向に対し斜めに装着されているので、インクの掃けが良好になる。

【0188】アクチュエータ106と防波壁192との間には、インクで満たされた間隙が形成される。また、防波壁192とアクチュエータ106との間隔は、毛細管力によりインクが保持されない程度に空けられている。インク容器194が横揺れしたときに、横揺れによってインク容器194内部にインクの波が発生し、その衝撃によって、気体や気泡がアクチュエータ106によって検出されてアクチュエータ106が誤作動する可能性がある。防波壁192を設けることによって、アクチュエータ106付近のインクの波を防ぎ、アクチュエータ106の誤作動を防ぐことができる。

【0189】図41(B)のインクカートリッジ180

Bのアクチュエータ106は、インク容器194の供給口の側壁上に装着されている。インク供給口187の近傍であれば、アクチュエータ106は、インク容器194の側壁又は底面に装着されてもよい。また、アクチュエータ106はインク容器194の幅方向の中心に装着されることが好ましい。インクは、インク供給口187を通過して外部に供給されるので、アクチュエータ106をインク供給口187の近傍に設けることにより、インクニアエンド時点までインクとアクチュエータ106とが確実に接触する。したがって、アクチュエータ106はインクニアエンドの時点を実際に検出することができる。

【0190】更に、アクチュエータ106をインク供給口187の近傍に設けることで、インク容器をキャリッジ上のカートリッジホルダに装着する際に、インク容器上のアクチュエータ106とキャリッジ上の接点との位置決めが確実となる。その理由は、インク容器とキャリッジとの連結において最も重要なのは、インク供給口と供給針との確実な結合である。少しでもずれがあると供給針の先端を痛めてしまったりあるいはリングなどのシーリング構造にダメージを与えてしまいインクが漏れ出してしまうからである。このような問題点を防ぐために、通常インクジェットプリンタはインク容器をキャリッジにマウントする時に正確な位置合わせができるような特別な構造を有している。よって供給口近傍にアクチュエータを配置させることにより、アクチュエータの位置合わせも同時に確実なものとなるのである。さらに、アクチュエータ106をインク容器194の幅方向の中心に装着することで、より確実に位置合わせすることができる。インク容器が、ホルダへの装着時に幅方向中心線を中心として軸揺動した場合に、もっともその揺れが少ないからである。

【0191】図42はインクカートリッジ180の更に他の実施形態を示す。図42(A)はインクカートリッジ180Cの断面図、図42(B)は図42(A)に示したインクカートリッジ180Cの側壁194bを拡大した断面図、及び図42(C)はその正面からの透視図である。インクカートリッジ180Cは、半導体記憶手段7とアクチュエータ106とが同一の回路基板610上に形成されている。図42(B)、(C)に示すように、半導体記憶手段7は回路基板610の上方に形成され、アクチュエータ106は同一の回路基板610において半導体記憶手段7の下方に形成されている。アクチュエータ106の周囲を囲むように異型リング614が、側壁194bに装着される。側壁194bには、回路基板610をインク容器194に接合するためのカシメ部616が複数形成されている。カシメ部616によって回路基板610をインク容器194に接合し、異型リング614を回路基板610に押しつけることで、アクチュエータ106の振動領域がインクと接触するこ

とをできるようにしつつ、インクカートリッジの外部と内部とを液密に保つ。

【0192】半導体記憶手段7及び半導体記憶手段7付近には端子612が形成されている。端子612は半導体記憶手段7とインクジェット記憶装置等の外部との間の信号の受け渡しをする。半導体記憶手段7は、例えばEEPROMなどの書き換え可能な半導体メモリによって構成されてもよい。半導体記憶手段7とアクチュエータ106とが同一の回路基板610上に形成されているので、アクチュエータ106及び半導体記憶手段7をインクカートリッジ180Cに取付ける際に1回の取付け工程で済む。また、インクカートリッジ180Cの製造時及びリサイクル時の作業工程が簡素化される。更に、部品の点数が削減されるので、インクカートリッジ180Cの製造コストが低減できる。

【0193】アクチュエータ106は、インク容器194内のインクの消費状態を検知する。半導体記憶手段7はアクチュエータ106が検出したインク残量などインクの情報を格納する。すなわち、半導体記憶手段7は検出する際に用いられるインク及びインクカートリッジの特性等の特性パラメータに関する情報を格納する。半導体記憶手段7は、予めインク容器194内のインクがフルのとき、すなわちインクがインク容器194内に満たされたとき、又はエンドのとき、すなわちインク容器194内のインクが消費されたときの共振周波数を特性パラメータの一つとして格納する。インク容器194内のインクがフル又はエンド状態の共振周波数は、インク容器が初めてインクジェット記録装置に装着されたときに格納されてもよい。また、インク容器194内のインクがフル又はエンド状態の共振周波数は、インク容器194の製造中に格納されてもよい。半導体記憶手段7に予めインク容器194内のインクがフル又はエンドのときの共振周波数を格納し、インクジェット記録装置側で共振周波数のデータを読み出すことによりインク残量を検出する際のばらつきを補正できるので、インク残量が基準値まで減少したことを正確に検出することができる。

【0194】図43は、インクカートリッジ180の更に他の実施形態を示す。図43(A)に示すインクカートリッジ180Dは、インク容器194の側壁194bに複数のアクチュエータ106を装着する。図24に示した、一体成形された複数のアクチュエータ106を、これら複数のアクチュエータ106として用いることが好ましい。複数のアクチュエータ106は、上下方向に間隔をおいて側壁194bに配置されている。複数のアクチュエータ106を上下方向に間隔をおいて側壁194bに配置することによって、インク残量を段階的に検出することができる。

【0195】図43(B)に示すインクカートリッジ180Eは、インク容器194の側壁194bに上下方向に長いアクチュエータ606を装着する。上下方向に長

いアクチュエータ606によって、インク容器194内のインク残量の変化を連続的に検出することができる。アクチュエータ606の長さは、側壁194bに高さの半分以上の長さを有することが望ましく、図43(B)においては、アクチュエータ606は側壁194bのほぼ上端からほぼ下端までの長さを有する。

【0196】図43(C)に示すインクカートリッジ180Fは、図43(A)に示したインクカートリッジ180Dと同様に、インク容器194の側壁194bに複数のアクチュエータ106を装着し、複数のアクチュエータ106の直面に所定の間隔をおいて上下方向に長い防波壁192を備える。図24に示した、一体成形された複数のアクチュエータ106を、これら複数のアクチュエータ106として用いることが好ましい。アクチュエータ106と防波壁192との間には、インクで満たされた間隙が形成される。また、防波壁192とアクチュエータ106との間隔は、毛細管力によりインクが保持されない程度に空けられている。インク容器194が横揺れしたときに横揺れによってインク容器194内部にインクの波が発生し、その衝撃によって気体や気泡がアクチュエータ106によって検出されてしまい、アクチュエータ106が誤作動する可能性がある。本発明のように防波壁192を設けることによって、アクチュエータ106付近のインクの波立ちを防ぎ、アクチュエータ106の誤作動を防ぐことができる。また、防波壁192はインクが揺動することで発生した気泡がアクチュエータ106に侵入するのを防ぐ。

【0197】図44は、インクカートリッジ180の更に他の実施形態を示す。図44(A)のインクカートリッジ180Gは、インク容器194の上面194cから下方に延びる複数の隔壁212を有する。それぞれの隔壁212の下端とインク容器194の底面とは所定の間隔が空けられているので、インク容器194の底部は連通している。インクカートリッジ180Gは複数の隔壁212のそれぞれによって区画された複数の収容室213を有する。複数の収容室213の底部は互いに連通する。複数の収容室213のそれぞれにおいて、インク容器194の上面194cにはアクチュエータ106が装着されている。図24に示した、一体成形されたアクチュエータ106を、これら複数のアクチュエータ106として用いることが好ましい。アクチュエータ106は、インク容器194の収容室213の上面194cのほぼ中央に配置される。収容室213の容量はインク供給口187側が最も大きく、インク供給口187からインク容器194の奥へ遠ざかるにつれて、収容室213の容量が徐々に小さくなっている。したがって、アクチュエータ106が配置される間隔はインク供給口187側が広く、インク供給口187からインク容器194の奥へと遠ざかるにつれ、狭くなっている。

【0198】インクは、インク供給口187から排出さ

れ、空気が空気導入口 185 から入るので、インク供給口 187 側の収容室 213 からインクカートリッジ 180G の奥の方の収容室 213 へとインクが消費される。例えば、インク供給口 187 に最も近い収容室 213 のインクが消費されて、インク供給口 187 に最も近い収容室 213 のインクの水位が下がっている間、他の収容室 213 にはインクが満たされている。インク供給口 187 に最も近い収容室 213 のインクが消費され尽くすと、空気が、インク供給口 187 から数えて 2 番目の収容室 213 に侵入し、2 番目の収容室 213 内のインクが消費され始めて、2 番目の収容室 213 のインクの水位が下がり始める。この時点で、インク供給口 187 から数えて 3 番目以降の収容室 213 には、インクが満たされている。このように、インク供給口 187 に近い収容室 213 から遠い収容室 213 へと順番にインクが消費される。

【0199】このように、アクチュエータ 106 がそれぞれの収容室 213 ごとにインク容器 194 の上面 194c に間隔をおいて配置されているので、アクチュエータ 106 はインク量の減少を段階的に検出することができる。更に、収容室 213 の容量が、インク供給口 187 から収容室 213 の奥へと徐々に小さくなっているのので、アクチュエータ 106 が、インク量の減少を検出する時間間隔が徐々に小さくなり、インクエンドに近づくほど頻度を高く検出することができる。

【0200】図 44 (B) のインクカートリッジ 180H は、インク容器 194 の上面 194c から下方に延びる一つの隔壁 212 を有する。隔壁 212 の下端とインク容器 194 の底面とは所定の間隔が空けられているので、インク容器 194 の底部は連通している。インクカートリッジ 180H は隔壁 212 によって区画された 2 室の収容室 213a 及び 213b を有する。収容室 213a 及び 213b の底部は互いに連通する。インク供給口 187 側の収容室 213a の容量はインク供給口 187 から見て奥の方の収容室 213b の容量より大きい。収容室 213b の容量は、収容室 213a の容量の半分より小さいことが好ましい。

【0201】収容室 213b の上面 194c にアクチュエータ 106 が装着される。更に、収容室 213b には、インクカートリッジ 180H の製造時に入る気泡を捕らえる溝であるバッファ 214 が形成される。図 44 (B) において、バッファ 214 は、インク容器 194 の側壁 194b から上方に延びる溝として形成される。バッファ 214 はインク収容室 213b 内に侵入した気泡を捕らえるので、気泡によってアクチュエータ 106 がインクエンドと検出する誤作動を防止することができる。また、アクチュエータ 106 を収容室 213b の上面 194c に設けることにより、インクニアエンドが検出されてから完全にインクエンド状態になるまでのインク量に対して、ドットカウンタによって把握した収容室

213a でのインクの消費状態に対応した補正をかけることで、最後までインクを消費することができる。更に、収容室 213b の容量を隔壁 212 の長さや間隔を変えたりすることなどによって調節することにより、インクニアエンド検出後の消費可能インク量を変えることができる。

【0202】図 44 (C) は、図 44 (B) のインクカートリッジ 180I の収容室 213b に多孔質部材 216 が充填されている。多孔質部材 216 は、収容室 213b 内の上面から下面までの全空間を埋めるように設置される。多孔質部材 216 は、アクチュエータ 106 と接触する。インク容器が倒れたときや、ギャリッジ上での往復運動中に空気がインク収容室 213b 内に侵入してしまい、これがアクチュエータ 106 の誤作動を引き起こす可能性がある。しかし、多孔質部材 216 が備えられていれば、空気を捕らえてアクチュエータ 106 に空気が入るのを防ぐことができる。また、多孔質部材 216 はインクを保持するのでインク容器が揺れることにより、インクがアクチュエータ 106 にかかってアクチュエータ 106 がインク無しをインク有りとして誤検出するのを防ぐことができる。多孔質部材 216 は最も容量が小さい収容室 213 に設置することが好ましい。また、アクチュエータ 106 を収容室 213b の上面 194c に設けることにより、インクニアエンドが検出されてから完全にインクエンド状態になるまでのインク量に補正をかけ、最後までインクを消費することができる。更に、収容室 213b の容量を隔壁 212 の長さや間隔を変えたりすることなどによって調節することにより、インクニアエンド検出後の消費可能インク量を変えることができる。

【0203】図 44 (D) は、図 44 (C) のインクカートリッジ 180I の多孔質部材 216 が孔径の異なる 2 種類の多孔質部材 216A 及び 216B によって構成されているインクカートリッジ 180J を示す。多孔質部材 216A は、多孔質部材 216B の上方に配置されている。上側の多孔質部材 216A の孔径は、下側の多孔質部材 216B の孔径より大きい。もしくは、多孔質部材 216A は、多孔質部材 216B よりも液体親和性が低い部材で形成される。孔径の小さい多孔質部材 216B の方が孔径の大きい多孔質部材 216A より毛細管力は大きいので、収容室 213b 内のインクが下側の多孔質部材 216B に集まり、保持される。したがって、一度空気がアクチュエータ 106 まで到達してインク無しを検出すると、インクが再度アクチュエータに到達してインク有りとして検出することが無い。更に、アクチュエータ 106 から遠い側の多孔質部材 216B にインクが吸収されることで、アクチュエータ 106 近傍のインクの捌けが良くなり、インク有無を検出するときの音響インピーダンス変化の変化量が大きくなる。また、アクチュエータ 106 を収容室 213b の上面 194c に設け

ることにより、インクニアエンドが検出されてから完全にインクエンド状態になるまでのインク量に補正をかけ、最後までインクを消費することができる。更に、収容室213bの容量を隔壁212の長さや間隔を変えたりすることなどによって調節することにより、インクニアエンド検出後の消費可能インク量を変えることができる。

【0204】図45は、図44(C)に示したインクカートリッジ180Iの他の実施形態であるインクカートリッジ180Kを示す断面図である。図45に示すインクカートリッジ180の多孔質部材216は、多孔質部材216の下部の水平方向の断面積が、インク容器194の底面の方向にむけて徐々に小さくなるように圧縮され、孔径が小さくなるよう設計されている。図45

(A)のインクカートリッジ180Kは、多孔質部材216の下の方の孔径が小さくなるように圧縮するために側壁にリブが設けられている。多孔質部材216下部の孔径は圧縮されることにより、小さくなっているため、インクは多孔質部材216下部へと集められ、保持される。アクチュエータ106から遠い側の多孔質部材216下部にインクが吸収されることで、アクチュエータ106近傍のインクの捌けが良くなり、インク有無を検出するときの音響インピーダンス変化の変化量が大きくなる。したがって、インクが揺れることによってインクカートリッジ180K上面に装着されたアクチュエータ106にインクがかかってしまい、アクチュエータ106が、インク無しをインク有りと誤検出することを防止することができる。

【0205】一方、図45(B)及び図45(C)のインクカートリッジ180Lは、多孔質部材216の下部の水平方向の断面積が、インク容器194の幅方向において、インク容器194の底面にむけて徐々に小さくなるよう圧縮するために、収容室の水平方向の断面積がインク容器194の底面の方向にむけて徐々に小さくなっている。多孔質部材216下部の孔径は圧縮されることにより、小さくなっているため、インクは多孔質部材216の下部へと集められ、保持される。アクチュエータ106から遠い側の多孔質部材216Bの下部にインクが吸収されることで、アクチュエータ106近傍のインクの捌けが良くなり、インク有無を検出するときの音響インピーダンス変化の変化量が大きくなる。したがって、インクが揺れることによって、インクカートリッジ180Lの上面に装着されたアクチュエータ106にインクがかかってしまい、アクチュエータ106が、インク無しをインク有りと誤検出することを防止することができる。

【0206】図46は、アクチュエータ106を用いたインクカートリッジの更に他の実施形態を示す。図46(A)のインクカートリッジ220Aは、インクカートリッジ220Aの上面から下方へと延びるように設けら

れた第1の隔壁222を有する。第1の隔壁222の下端とインクカートリッジ220Aの底面との間には所定の間隔が空けられているので、インクは、インクカートリッジ220Aの底面を通じてインク供給口230へ流入できる。第1の隔壁222よりインク供給口230側には、インクカートリッジ220Aの底面より上方に延びるように第2の隔壁224が、形成されている。第2の隔壁224の上端とインクカートリッジ220A上面との間には所定の間隔が空けられているので、インクは、インクカートリッジ220Aの上面を通じてインク供給口230へ流入できる。

【0207】第1の隔壁222によって、インク供給口230から見て、第1の隔壁222の奥の方に第1の収容室225aが形成される。一方、第2の隔壁224によって、インク供給口230から見て第2の隔壁224の手前側に第2の収容室225bが形成される。第1の収容室225aの容量は、第2の収容室225bの容量より大きい。第1の隔壁222及び第2の隔壁224の間に、毛管現象を起こせるだけの間隔が空けられることにより、毛管路227が形成される。したがって、第1の収容室225aのインクは、毛管路227の毛細管力により、毛管路227に集められる。そのため、気体や気泡が第2の収容室225bへ混入するのを防止することができる。また、第2の収容室225b内のインクの水位は、安定的に徐々に下降できる。インク供給口230から見て、第1の収容室225aは、第2の収容室225bより奥に形成されているので、第1の収容室225aのインクが消費された後、第2の収容室225bのインクが消費される。

【0208】インクカートリッジ220Aのインク供給口230側の側壁、すなわち第2の収容室225bのインク供給口230側の側壁には、アクチュエータ106が装着されている。アクチュエータ106は、第2の収容室225b内のインクの消費状態を検知する。アクチュエータ106を、第2の収容室225bの側壁に装着することによって、インクエンドにより近い時点でのインク残量を安定的に検出することができる。更に、アクチュエータ106を第2の収容室225bの側壁に装着する高さを変えることにより、どの時点でのインク残量をインクエンドにするかを、自由に設定することができる。毛管路227によって第1の収容室225aから第2の収容室225bへインクが供給されることにより、アクチュエータ106は、インクカートリッジ220Aの横揺れによるインクの横揺れの影響を受けないので、アクチュエータ106は、インク残量を確実に測定できる。更に、毛管路227が、インクを保持するので、インクが第2の収容室225bから第1の収容室225aへ逆流するのを防ぐ。

【0209】インクカートリッジ220Aの上面には、逆止弁228が設けられている。逆止弁228によつ

て、インクカートリッジ 220A が横揺れしたときに、インクがインクカートリッジ 220A 外部に漏れるのを防ぐことができる。更に、逆止弁 228 をインクカートリッジ 220A の上面に設置することで、インクのインクカートリッジ 220A からの蒸発を防ぐことができる。インクカートリッジ 220A 内のインクが消費されて、インクカートリッジ 220A 内の負圧が逆止弁 228 の圧力を越えると、逆止弁 228 が開いて、インクカートリッジ 220A に空気を吸入し、その後閉じてインクカートリッジ 220A 内の圧力を一定に保持する。

【0210】図 46 (C) 及び (D) は、逆止弁 228 の詳細の断面を示す。図 46 (C) の逆止弁 228 は、ゴムにより形成された羽根 232a を有する弁 232 を有する。インクカートリッジ 220 の外部との通気孔 233 が、羽根 232a に対向してインクカートリッジ 220 に設けられる。羽根 232a によって、通気孔 233 が、開閉される。逆止弁 228 は、インクカートリッジ 220 内のインクが減少し、インクカートリッジ 220 内の負圧が逆止弁 228 の圧力を越えると、羽根 232a が、インクカートリッジ 220 の内側に開き、外部の空気をインクカートリッジ 220 内に取り入れる。図 46 (D) の逆止弁 228 は、ゴムにより形成された弁 232 とバネ 235 とを有する。逆止弁 228 は、インクカートリッジ 220 内の負圧が逆止弁 228 の圧力を越えると、弁 232 が、バネ 235 を押圧して開き、外部の空気をインクカートリッジ 220 内に吸入し、その後閉じてインクカートリッジ 220 内の負圧を一定に保持する。

【0211】図 46 (B) のインクカートリッジ 220 B は、図 46 (A) のインクカートリッジ 220A において逆止弁 228 を設ける代わりに第 1 の収容室 225a に多孔質部材 242 を配置している。多孔質部材 242 は、インクカートリッジ 220B 内のインクを保持すると共に、インクカートリッジ 220B が横揺れしたときに、インクがインクカートリッジ 220B の外部へ漏れるのを防ぐ。

【0212】以上、キャリッジに装着される、キャリッジと別体のインクカートリッジにおいて、インクカートリッジ又はキャリッジにアクチュエータ 106 を装着する場合について述べたが、キャリッジと一体化され、キャリッジと共に、インクジェット記録装置に装着されるインクタンクにアクチュエータ 106 を装着してもよい。更に、キャリッジと別体の、チューブ等を介して、キャリッジにインクを供給するオフキャリッジ方式のインクタンクにアクチュエータ 106 を装着してもよい。またさらに、記録ヘッドとインク容器とが一体となって交換可能に構成されたインクカートリッジに、本発明のアクチュエータを装着してもよい。

【0213】「液体センサと記憶手段（消費情報メモリ）」以上、本実施の形態にかかるインク消費検出機能

付きの各種のインクカートリッジについて説明した。これらのインクカートリッジは、液体センサ（アクチュエータ等）と記憶手段（半導体記憶手段）を備えていた。本実施の形態の特徴として、これら構成の組合せにより得られる機能と利点を以下に説明する。

【0214】図 47 を参照すると、インクカートリッジ 800 は、例えば図 1 のカートリッジに相当する。インクカートリッジ 800 は、液体センサ 802 および消費情報メモリ 804 を有する。液体センサ 802 は、上述した弾性波発生手段またはアクチュエータで構成され、インク消費状態に応じた信号を出力する。消費情報メモリ 804 は、本発明の液体容器用の記憶手段の一形態である。消費情報メモリ 804 は、EEPROM 等の書き換え可能なメモリであり、上述の半導体記憶手段（図 1、参照番号 7）に相当する。

【0215】記録装置制御部 810 は、インクジェット記録装置を制御するコンピュータで構成される。記録装置制御部 810 は消費検出処理部 812 を有する。消費検出処理部 812、液体センサ 802 および消費情報メモリ 804 によりインク消費検出装置が構成される。消費検出処理部 812 は、液体センサ 802 を制御して消費状態を検出し、消費関連情報を消費情報メモリ 804 に書き込み、さらに消費関連情報を消費情報メモリ 804 から読み出す。

【0216】記録装置制御部 810 はさらに消費情報提示部 814 および印刷動作制御部 816 を有する。消費情報提示部 814 は、消費検出処理部 812 が検出した消費状態情報を、ディスプレイ 818 およびスピーカ 820 を用いてユーザに提示する。ディスプレイ 818 にはインク残量を示す図形等が表示され、スピーカ 820 からはインク残量を示す報知音または合成音声出力される。合成音声により、適切な操作が案内されてもよい。

【0217】印刷動作制御部 816 は、消費検出処理部 812 が検出した消費状態情報に基づき、印刷動作部 822 を制御する。印刷動作部 822 は、印字ヘッド、ヘッド移動装置、用紙送り装置等である。例えば、消費検出処理部 812 は、インク残量がなくなつたと判断されるとき、印刷動作部 822 に印字動作を停止させる。

【0218】記録装置制御部 810 は、検出された消費状態に基づいて、さらに他の構成を制御してもよい。例えば、インク補充装置、インクカートリッジ交換装置などが設けられ、それらが制御されてもよい。

【0219】次に、消費情報メモリ 804 について詳細に説明する。消費情報メモリ 804 は、液体センサ 802 を用いた消費状態の検出に関連する消費関連情報を記憶する。消費関連情報は、検出された消費状態情報を含む。消費状態情報は、消費情報メモリ 804 の消費状態情報記憶部 806 に記憶される。消費検出処理部 812 は、液体センサ 802 を用いて得られた消費状態情報を

消費状態情報記憶部 806 に書き込む。そして、この消費状態情報が読み出され、記録装置制御部 810 にて使用される。

【0220】消費状態情報を消費情報メモリ 804 に記憶することは、特にインクカートリッジ 800 の脱着において有利である。インクが途中まで消費された状態で、インクカートリッジ 800 がインクジェット記録装置から取り外されたとする。インク消費状態を記憶した消費情報メモリ 804 が、常にインクカートリッジ 800 と一緒にある。インクカートリッジ 800 は再度同じインクジェット記録装置に装着され、あるいは別のインクジェット記録装置に装着される。このとき、消費情報メモリ 804 から消費状態が読み出され、その消費状態に基づいて記録装置制御部 810 が動作する。例えば、インクが空またはインク残量が少ないカートリッジが装着されたことが分かり、その旨がユーザに伝えられる。このようにして、脱着後、インクカートリッジ 800 の以前の消費状態情報を確実に利用できる。

【0221】消費状態情報は、さらに、印刷量から推定した消費状態を記憶してもよい。印刷量は、例えばインクジェット記録のドット数で表される。一つのドットに対応するインク量は予め分かっている。ドットのサイズに応じたインク量の相違が考慮されてもよい。印刷処理におけるドット数からインク消費量を推定できる。液体センサ 802 は、インク液面の通過を確実に検出できる。そこで、液面通過の前後のインク消費状態を印刷量から推定することが好適である。この推定値が消費情報メモリ 804 に格納される。

【0222】なお、液体センサ 802 による液面通過の検知は、例えば前述した残留振動状態の変化に基づいて実現される。残留振動状態は音響インピーダンスに対応している。また液面通過は、前述した弾性波に対する反射波を利用して検出されてもよい。

【0223】また、消費関連情報は検出特性情報を含む。検出特性情報は、液体センサを用いて消費状況を取得する場合に用いられる情報である。本実施の形態では、検出特性情報は、液体の消費状態に応じて検出されるべき特性である。検出特性情報は、例えば音響インピーダンスの大きさを表す共振周波数の情報である。本実施の形態では、検出特性情報として、消費前検出特性情報および消費後検出特性情報が記憶される。消費前検出特性情報は、インクの消費を開始する前の検出特性、すなわち、インクフル状態における検出特性を示す。消費後検出特性情報は、インクが所定の検出目標まで消費されたときに検出される予定の検出特性、具体的には、インク液面が液体センサ 802 を下回ったときの検出特性を示す。

【0224】消費検出処理部 812 は、検出特性情報を読み出し、その検出特性情報に基づいて、液体センサ 802 を用いてインク消費状態を検出する。消費前検出特

性に対応する検出信号が得られた場合、インクの消費がまだ進んでおらず、インクの残量は多いと考えられる。少なくとも、インク液面が液体センサ 802 より上にあることは確実に分かる。一方、消費後検出特性に対応する検出信号が得られたときは、インクの消費が進み、残量が少ない。インク液面は液体センサ 802 を下回っている。

【0225】検出特性情報を消費情報メモリ 804 に記憶することの利点の一つを説明する。検出特性は、インクカートリッジの形状、液体センサの仕様、およびインクの仕様、等の各種の要因によって決まる。改良等の設計変更が行われたときには、検出特性も変化することがある。消費検出処理部 812 が常に同じ検出特性情報を使用すると、こうした検出特性の変化への対処が容易でない。一方、本実施の形態では、検出特性情報が消費情報メモリ 804 に記憶され、利用される。したがって、検出特性の変化に容易に対処できる。もちろん、新しい仕様のインクカートリッジが提供されるときも、そのカートリッジの検出特性情報を記録装置が容易に利用できる。

【0226】さらに好ましくは、個々のインクカートリッジごとの検出特性情報が測定され、消費情報メモリ 804 に格納される。インクカートリッジの仕様が同じでも、製造ばらつきによって検出特性が異なる。例えば、容器の形状や肉厚に応じて検出特性が異なる。本実施の形態では、各インクカートリッジが消費情報メモリ 804 を有するので、その消費情報メモリ 804 に固有の検出特性情報を格納できる。製造ばらつきの検出への影響を低減でき、検出精度を向上できる。このように、本実施の形態は、個々のインクカートリッジの検出特性の相違に対して有利である。

【0227】また、検出特性情報は、予めプリンタ（インクジェット記録装置）のプリンタドライバが持っている検出のための情報を補正するための「補正情報」のかたちをとってもよい。プリンタドライバは、検出用の基準の特性情報を持っている。カートリッジ側のメモリの検出特性情報は、カートリッジの種類に合わせて、あるいは、カートリッジの個体差に合わせて基準の特性情報を補正するための情報である。検出特性情報は、具体的な補正值でもよい。あるいは、補正情報としての検出特性情報は、補正するための識別記号でもよい。この識別記号に対応する補正が、プリンタ側で行われる。

【0228】消費情報メモリ 804 は、さらに、本発明の液体容器の記憶手段として、インクに関する情報を記憶する。消費情報メモリ 804 はインク種情報を記憶する。さらに、この記憶手段は、製造年月日、クリーニングシーケンス情報、画像処理情報などを記憶する。これら情報は、インクジェット記録装置の制御にも好適に利用可能である。

【0229】図 48 は、消費情報メモリ 804 を利用す



る消費検出処理部 812 の処理を示している。まず、インクカートリッジが装着されたか否かが判定される (S10)。新品または途中まで使用されたインクカートリッジが装着されたことが検出される。この処理は、インクジェット記録装置に備えられたスイッチ等 (図示せず) を用いる。カートリッジが装着されると、消費情報メモリ 804 から検出特性情報が読み出され (S12)、さらに消費状態情報が読み出される (S14)。記録装置制御部 810 の消費情報提示部 814 および印刷動作制御部 816 は、読み出された消費状態情報を利用する。

【0230】消費検出処理部 812 は、読み出した検出特性情報に基づいて、液体センサ 802 を用いてインク消費状態を検出する (S16)。検出された消費状態は消費情報メモリ 804 に格納される (S18)。この消費状態も記録装置制御部 810 に利用される。インクカートリッジが取り外されたか否かが判断され (S20)、取り外されていなければ S16 に戻る。

【0231】次に、検出特性情報を消費情報メモリ 804 に格納する適切なタイミングを説明する。ここでは、個々のインクカートリッジの検出特性の実測値を格納することを想定する。

【0232】図 49 を参照すると、新品のインクカートリッジは、標準的な検出特性を格納した消費情報メモリ 804 を搭載している。このインクカートリッジがインクジェット記録装置に装着された後に、検出特性が測定される。検出特性は、装着から印刷開始前の間に測定される。測定を確実に行うべく、装着直後に検出特性を測定することが好ましい。

【0233】検出特性は、通常のインク消費の検出と同様の方法で測定される。液体センサ 802 を用いて消費状態が検出され、その検出結果 (測定値) が、新品時の検出特性として記録される。初期設定の標準的な検出特性が、測定値へと変更される。印刷が開始されると、修正後の検出特性を用いて消費状態が検出される。検出特性と、新たに得られる検出結果との相違から、インク消費の進行状況が把握される。

【0234】本実施の形態によれば、こうした初期の検出特性の調整により、インクカートリッジの個体差に基づくばらつきを適切に吸収でき、検出精度の向上が図れる。

【0235】検出特性を消費情報メモリ 804 に格納するもう一つの適切なタイミングを説明する。検出特性情報の測定値は、インクカートリッジの製造過程において格納されてもよい。この場合も、インクカートリッジの個体差に基づくばらつきを適切に吸収でき、検出精度を向上できる。またこの形態では、インク注入前の検出特性の測定および記録が可能である。したがって、消費前検出特性情報と消費後検出特性情報の両方の測定値を消費情報メモリ 804 に格納できる。

【0236】次に、インクカートリッジ 800 上での液体センサ 802 および消費情報メモリ 804 の配置について説明する。

【0237】液体センサ 802 と消費情報メモリ 804 とは、インクカートリッジ 800 上の異なる場所に配置されていてもよい (図 1、図 7 等)。両構成は、インクカートリッジ 800 上の同一壁面上で異なる場所に配置されていてもよい (図 42)。両構成は、それぞれ、インクカートリッジ 800 の異なる壁面に配置されていてもよい (図 1 等)。液体センサ 802 の設置される壁面が、消費情報メモリ 804 の設置される壁面と直交していてもよい (図 7、図 9)。

【0238】図 50 を参照すると、好ましくは、液体センサ 802 および消費情報メモリ 804 が、容器幅方向の中央に備えられる。図 50 において、供給口 830 はカートリッジ下面に設けられている。液体センサ 802 および消費情報メモリ 804 は縦壁に設けられている。これらはすべて容器幅方向の中央にある。さらに、液体センサ 802 および消費情報メモリ 804 は供給口 830 の近傍に設けられている。こうした配置の利点を以下に説明する。

【0239】図 51 (a) および図 51 (b) は、供給口の位置決め構成例を示している。カートリッジ下面の供給口 (図示せず) の周囲に、四角形の位置決め突起 832 が設けられている。位置決め突起 832 は、記録装置側の位置決め凹部 834 に嵌め込まれる。位置決め凹部 834 は、位置決め突起 832 と対応する形状をもつ。

【0240】上記の構成では、供給口 830 にてインクカートリッジがインクジェット記録装置に位置決めされる。供給口 830、液体センサ 802 および消費情報メモリ 804 が共に容器の幅方向の中央に設けられている。したがって、供給口 830 を中心に水平方向へと多少回転した状態でカートリッジが装着されたとしても、そのような回転による液体センサ 802 および消費情報メモリ 804 の位置ずれ量が少なくなり、これにより位置決め精度を向上できる。

【0241】さらに、上記の例に示されるように、一般に供給口には高い位置決め精度が要求され、この要求を満たす位置決め用構成が設けられている。供給口の近傍にセンサおよびメモリを設けることにより、供給口の位置決め用構成が、センサおよびメモリの位置決め用構成としても機能する。一つの位置決め用構成が供給口だけでなく、センサおよびメモリに作用する。簡単な構成でセンサおよびメモリの位置決めができる。そして検出精度の向上も図れる。

【0242】また好ましい一つの実施の形態では、液体センサ 802 と消費情報メモリ 804 とは同一の消費検出基板上に設けられる。図 42 はこうした構成の例を示す。図 42 では、半導体メモリ 7 とアクチュエータ 10



6が同一基板610に設けられている。この構成によれば、センサおよびメモリの取付が容易である。図52では、さらに、消費検出基板836は、供給口830の近傍であって、容器幅方向の中央に配置されている。これにより、上述したように位置ずれを小さくできる。

【0243】また、好ましくは、液体センサ（アクチュエータ）と取付構造体が一体化された取付モジュール体が消費検出基板に装着される。取付モジュール体は図32等に示されている。取付モジュール体の採用により、前述したように、液体センサを外部から保護できる。また取付が容易になり、作業を簡略化でき、コストの低減を図れる。

【0244】図42に戻ると、本実施の形態では、消費検出基板を液体容器に対して位置決めする位置決め構造が設けられている。図42では参照番号が省略されているが、図42(B)の側面図に示されるように、インクカートリッジから外側に向かって、基板取付用の複数の突起が突出している。この突起は、位置決め機能をもつ。突起の本数は5本である。図42(C)の正面図に示されるように、上方に1本、中央に2本、下方に2本の突起が設けられる。これらの突起が、基板610の位置決め孔（かつ取付孔）に嵌まっている。これにより基板が正確に位置決めされるので、取付位置精度を向上できる。

【0245】基板の位置決め構造は上記に限定されない。切欠き溝と突起に係合してもよい。容器側の凹部に基板が嵌まってもよい。装着時に、凹部の内壁により基板の外周が拘束され、これにより位置決めが実現される。凹部の全周と、基板の全周が同じ形状をもたなくてもよい。凹部に少なくとも2本のリブが設けられ、これらのリブに基板が挟まれてもよい。

【0246】次に、本発明の別の実施の形態を説明する。

【0247】図53は、本実施の形態のインク消費検出装置が備えられたインクジェット記録装置の機能ブロック図である。図47の構成と異なり、インクカートリッジ900は液体センサ902のみを備える。消費情報メモリ910は、記録装置制御部904に配置されている。

【0248】記録装置制御部904は、図47の構成と同様に、消費検出処理部906、消費情報提示部912および印刷動作制御部914を有する。消費情報提示部912はディスプレイ916およびスピーカ918を用いて、検出された消費状態をユーザに提示する。印刷動作制御部914は、検出された消費状態に基づいて印刷動作部920を制御する。

【0249】記録装置制御部904は、さらに、カートリッジ識別部908を有する。消費検出処理部906、カートリッジ識別部908、消費情報メモリ910および液体センサ902により、インク消費検出装置が構成

される。

【0250】カートリッジ識別部908は、インクジェット記録装置に装着されているインクカートリッジを識別する。識別されたインクカートリッジに対応する消費関連情報が消費情報メモリ910から読み出される。前述したように、消費関連情報は、消費状態情報と検出特性情報を含む。検出結果である消費状態情報は、消費情報提示部912および印刷動作制御部914で使われる。検出特性情報は、消費検出処理部906で検出処理に使われる。

【0251】上記の検出装置の動作例を説明する。インクカートリッジ900が装着されたとき、カートリッジ識別部908が、インクカートリッジ900を識別し、識別情報を消費情報メモリ910に記録する。例えば、インクカートリッジ900に付けられた識別番号が読みとられる。識別情報は、液体センサ902から入手されてもよい。また装着の際、図49を用いて説明したように、検出特性が測定され、消費情報メモリ910に格納される。この検出特性を用いて消費状態が測定され、消費情報メモリ910に記録される。

【0252】インクカートリッジ900が取り外され、再度装着されたとする。このとき、再装着されたカートリッジの情報が消費情報メモリ910に残っている。その情報が読み出され、以降の処理に使用される。

【0253】このように、本実施の形態によれば、消費情報メモリが記録装置側に配置されている場合でも、上述の実施の形態と同様の利点が得られる。

【0254】本実施の形態を応用したさらなる各種の変形も可能である。例えば、消費情報メモリは、インクカートリッジと記録装置制御部に分けられてもよい。一方が消費状態を記録し、他方が検出特性情報を記録してもよい。また一方が標準的な検出特性情報を記録し、他方が検出特性の測定値を記録してもよい。

【0255】別の実施の形態では、消費情報メモリがインクカートリッジに設けられ、液体センサが記録装置側に設けられてもよい。このような構成の例は、図15に示されている。さらに、液体センサおよび消費情報メモリの両方を記録装置に設けた構成も採用可能である。

【0256】実施の形態に関する他の変形例を説明する。

【0257】本実施の形態では、消費関連情報として、検出結果である消費状態と、検出に使う検出特性情報とが消費情報メモリに記録された。これに対して、一方の情報のみが記録されてもよい。

【0258】図47および図52では、1つの液体センサがインクカートリッジに設けられた。これに対して、複数の液体センサが設けられてもよい。これら複数の液体センサを用いることにより詳細な消費状態が記録される。また、各液体センサのために検出特性情報を記録することが好ましい。

【0259】本実施の形態では、液体センサは圧電素子で構成された。前述したように、圧電素子を用いて、音響インピーダンスの変化が検出されてもよい。弾性波に対する反射波を利用して消費状態が検出されてもよい。弾性波の発生から反射波の到着までの時間が求められる。圧電素子の機能を利用する何らかの原理で消費状態が検出されればよい。

【0260】本実施の形態では、液体センサが振動を発生するとともに、インク消費状態を示す検出信号を発生した。これに対して、液体センサは自分で振動を発生しないでもよい。すなわち、振動発生と検出信号出力の両方を行わないもよい。別のアクチュエータによって振動が発生される。あるいは、キャリッジの移動などに伴ってインクカートリッジに振動が発生したときに、インク消費状態を示す検出信号を液体センサが生成してもよい。積極的に振動を発生することなく、プリンタ動作によって自然に発生する振動を用いてインク消費が検出される。

【0261】図47および図52の記録装置制御部の機能は、記録装置のコンピュータにより実現されなくてもよい。一部または全部の機能が、外部のコンピュータに設けられてもよい。ディスプレイおよびスピーカも、外部のコンピュータに設けられてもよい。

【0262】本実施の形態では、液体容器がインクカートリッジであり、液体利用装置がインクジェット記録装置であった。しかし、液体容器は、インクカートリッジ以外のインク容器、インクタンクでもよい。例えば、ヘッド側のサブタンクでもよい。また、インクカートリッジは、いわゆるオフキャリッジタイプのカートリッジでもよい。さらに、インク以外の液体を収容する容器に本発明が適用されてもよい。

【0263】以上、本発明を実施の形態を用いて説明したが、本発明の技術的範囲は上記実施の形態に記載の範囲には限定されない。上記実施の形態に、多様な変更又は改良を加えることができる。その様な変更又は改良を加えた形態も本発明の技術的範囲に含まれ得ることが、特許請求の範囲の記載から明らかである。

#### 【0264】

【発明の効果】以上に説明したように、本発明によれば、液体容器に記憶手段を備える構成の採用により、検出結果を好適に利用でき、また、検出能力の向上が可能となる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】単色、例えばブラックインク用のインクカートリッジの一実施例を示す図である。

【図2】複数種類のインクを収容するインクカートリッジの一実施例を示す図である。

【図3】図1及び2に示したインクカートリッジに適したインクジェット記録装置の一実施例を示す図である。

【図4】サブタンクユニット33の詳細な断面を示す図

である。

【図5】弾性波発生手段3、15、16、及び17の製造方法を示す図である。

【図6】図5に示した弾性波発生手段3の他の実施形態を示す図である。

【図7】本発明のインクカートリッジの他の実施例を示す図である。

【図8】本発明のインクカートリッジの更に他の実施例を示す図である。

10 【図9】本発明のインクカートリッジの更に他の実施例を示す図である。

【図10】本発明のインクカートリッジの更に他の実施例を示す図である。

【図11】本発明のインクカートリッジの更に他の実施形態を示す図である。

【図12】図11に示したインクカートリッジの他の実施形態を示す図である。

【図13】本発明のインクカートリッジの更に他の実施形態を示す図である。

20 【図14】貫通孔1cの更に他の実施形態の平面を示す図である。

【図15】本発明のインクジェット記録装置の実施形態の断面を示す図である。

【図16】図15に示した記録装置に適したインクカートリッジの実施形態を示す図である。

【図17】本発明のインクカートリッジ272の他の実施形態を示す図である。

30 【図18】本発明のインクカートリッジ272及びインクジェット記録装置の更に他の実施形態を示す図である。

【図19】図16に示したインクカートリッジ272の他の実施形態を示す図である。

【図20】アクチュエータ106の詳細を示す図である。

【図21】アクチュエータ106の周辺およびその等価回路を示す図である。

【図22】インクの密度とアクチュエータ106によって検出されるインクの共振周波数との関係を示す図である。

40 【図23】アクチュエータ106の逆起電力波形を示す図である。

【図24】アクチュエータ106の他の実施形態を示す図である。

【図25】図24に示したアクチュエータ106の一部分の断面を示す図である。

【図26】図26に示したアクチュエータ106の全体の断面を示す図である。

【図27】図24に示したアクチュエータ106の製造方法を示す図である。

50 【図28】本発明のインクカートリッジの更に他の実施

形態を示す図である。

【図 29】貫通孔 1 c の他の実施形態を示す図である。

【図 30】アクチュエータ 660 の他の実施形態を示す図である。

【図 31】アクチュエータ 670 の更に他の実施形態を示す図である。

【図 32】モジュール体 100 を示す斜視図である。

【図 33】図 32 に示したモジュール体 100 の構成を示す分解図である。

【図 34】モジュール体 100 の他の実施形態を示す図である。

【図 35】図 34 に示したモジュール体 100 の構成を示す分解図である。

【図 36】モジュール体 100 の更に他の実施形態を示す図である。

【図 37】図 32 に示したモジュール体 100 をインク容器 1 に装着した断面の例を示す図である。

【図 38】モジュール体 100 の更に他の実施形態を示す図である。

【図 39】図 20 および図 21 に示したアクチュエータ 106 を用いたインクカートリッジ及びインクジェット記録装置の実施形態を示す図である。

【図 40】インクジェット記録装置の詳細を示す図である。

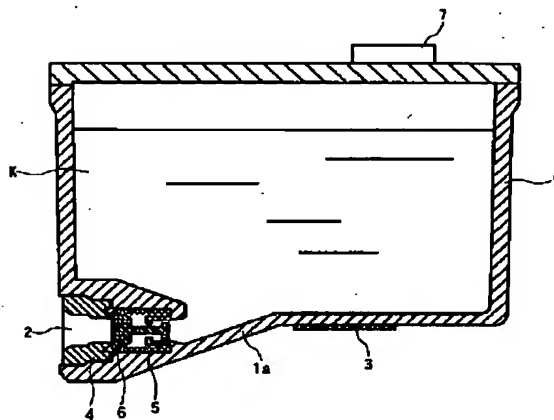
【図 41】図 40 に示したインクカートリッジ 180 の他の実施形態を示す図である。

【図 42】インクカートリッジ 180 の更に他の実施形態を示す図である。

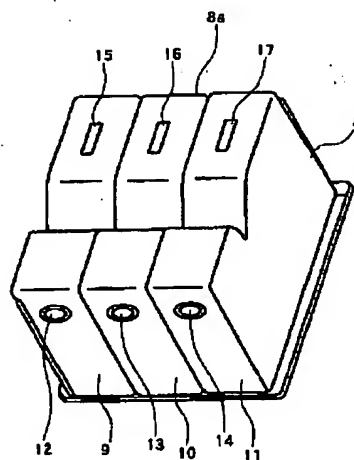
【図 43】インクカートリッジ 180 の更に他の実施形態を示す図である。

【図 44】インクカートリッジ 180 の更に他の実施形

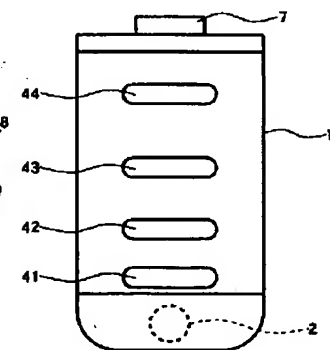
【図 1】



【図 2】



【図 7】



態を示す図である。

【図 45】図 44 (C) に示したインクカートリッジ 180 の他の実施形態を示す図である。

【図 46】モジュール体 100 を用いたインクカートリッジの更に他の実施形態を示す図である。

【図 47】インクカートリッジに液体センサおよび消費情報メモリを設ける構成を、インクジェット記録装置とともに示すブロック図である。

【図 48】図 46 の消費検出処理部の動作を示すフローチャートである。

【図 49】図 46 の消費情報メモリへの検出特性の記録タイミングを示す図である。

【図 50】インクカートリッジへの液体センサおよび消費情報メモリの配置の例を示す図である。

【図 51】インクカートリッジの供給口の配置の例を示す図である。

【図 52】インクカートリッジへの液体センサおよび消費情報メモリの配置の例を示す図である。

【図 53】別の実施の形態に係るインクジェット記録装置の例を示す図である。

#### 【符号の説明】

800 インクカートリッジ

802 液体センサ

804 消費情報メモリ

806 消費状態情報記憶部

808 検出特性情報記憶部

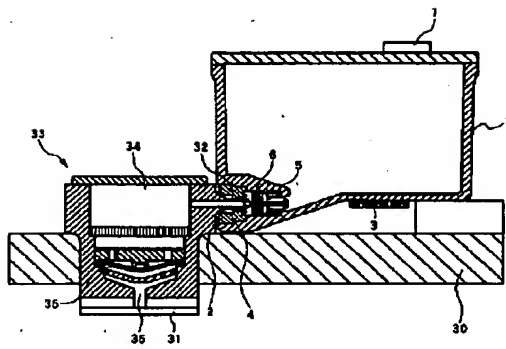
810 記録装置制御部

812 消費検出処理部

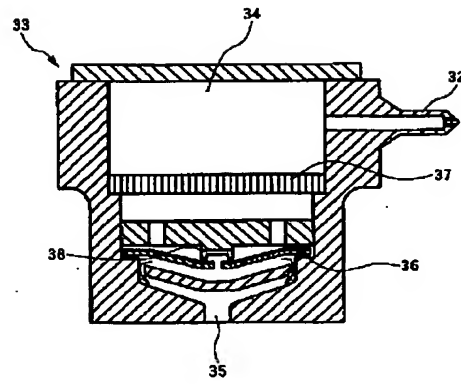
814 消費情報提示部

816 印刷動作制御部

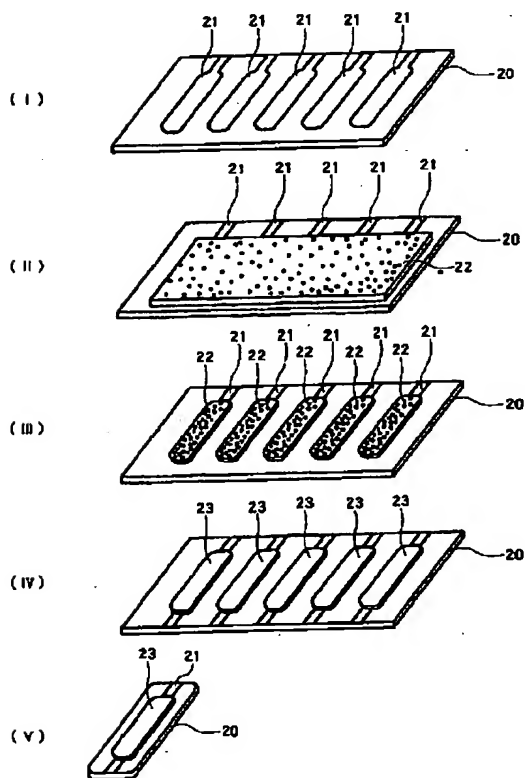
【図 3】



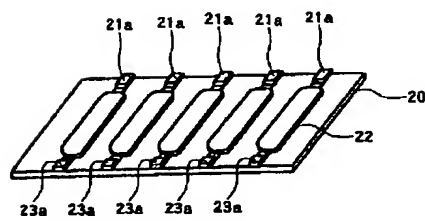
【図 4】



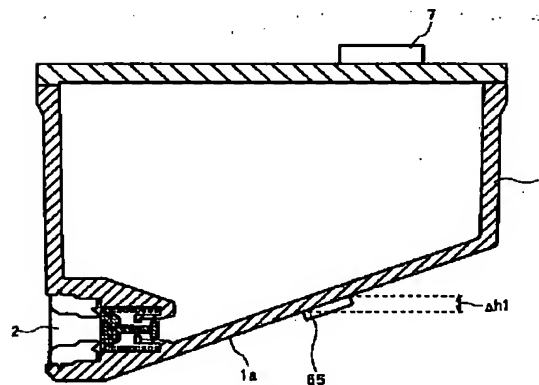
【図 5】



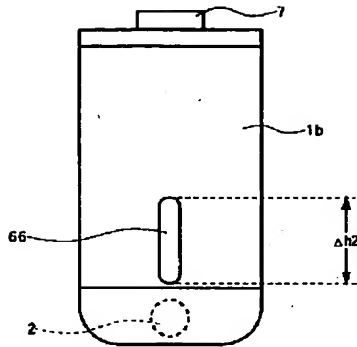
【図 6】



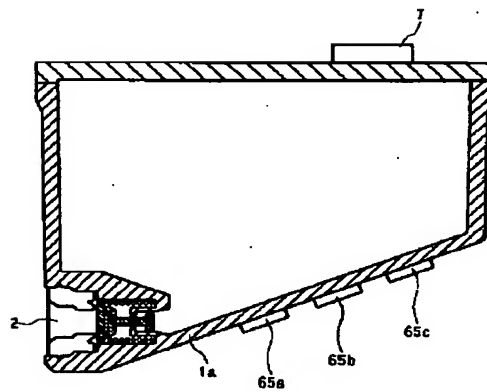
【図 8】



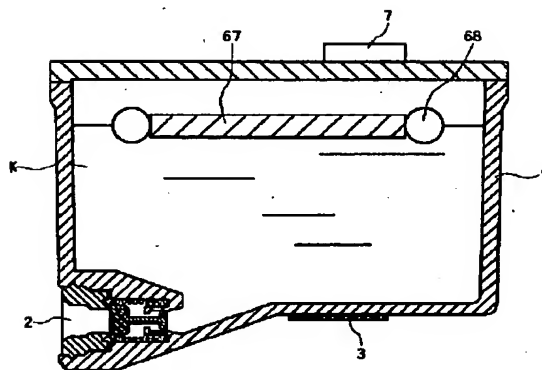
【図 9】



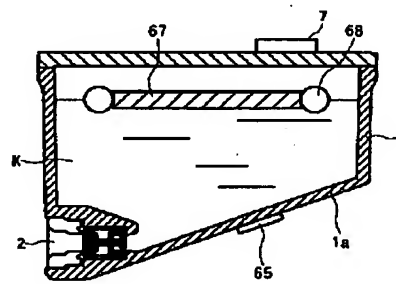
【図 10】



【図 11】

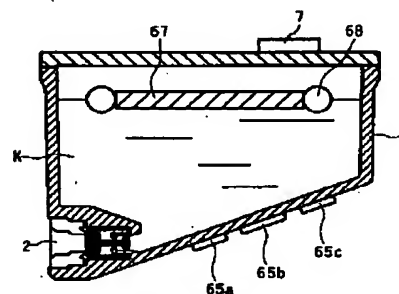
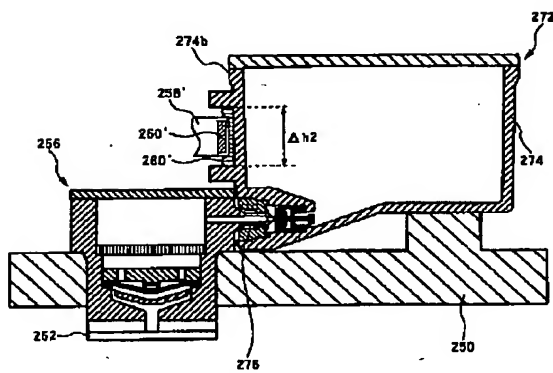


【図 12】



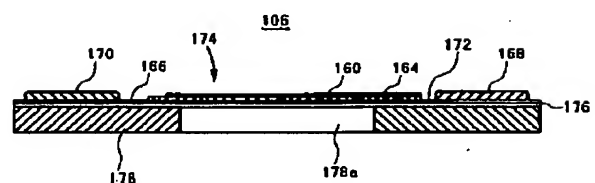
(A)

【図 18】

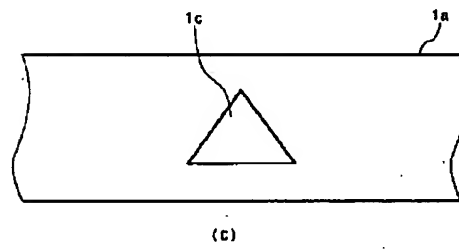
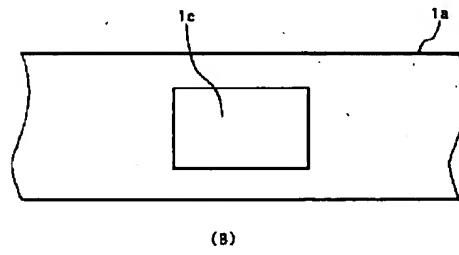
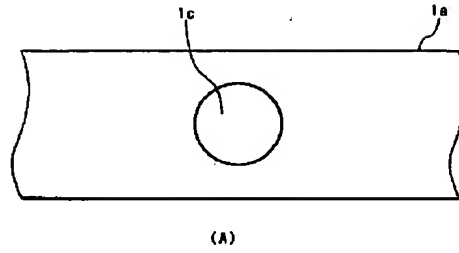


(B)

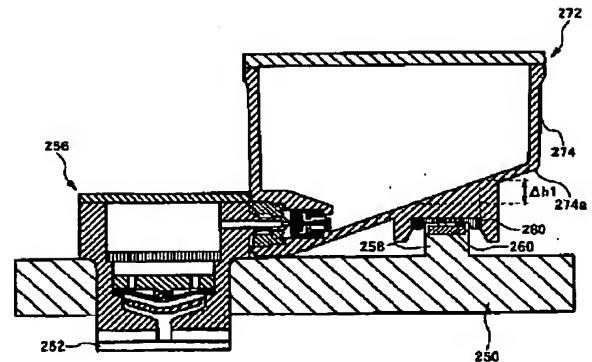
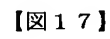
【図 26】



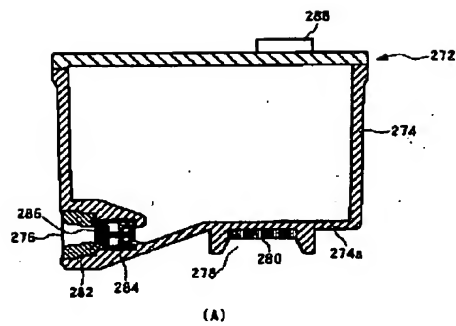
【図 14】



【図 15】

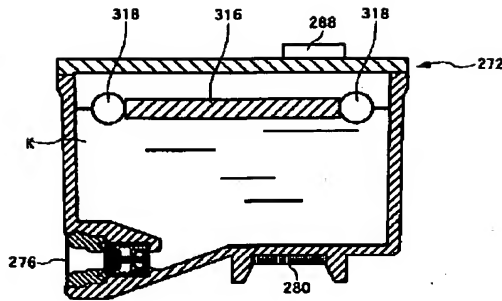


【図16】

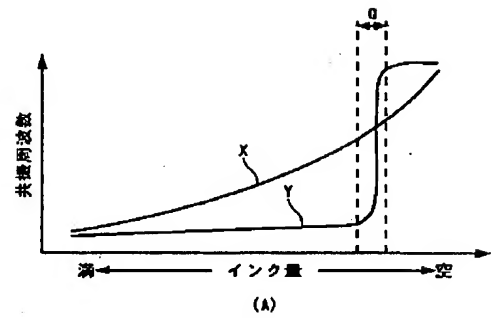


(A)

【図19】

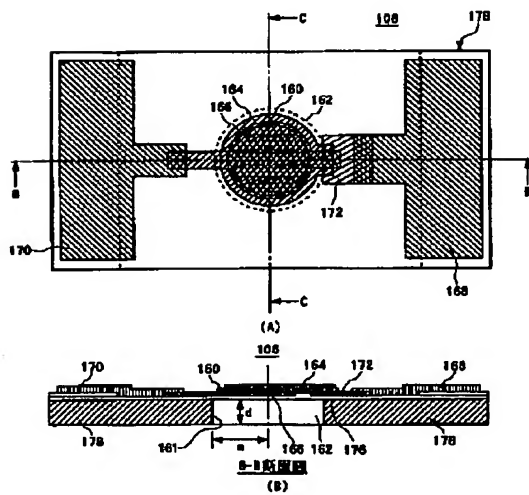


【図22】

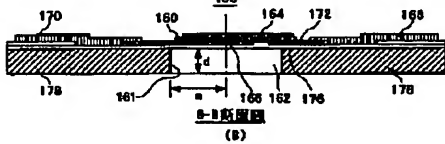


(A)

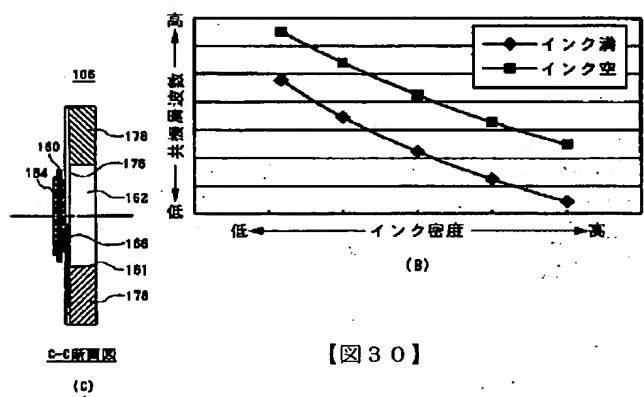
【図20】



(A)

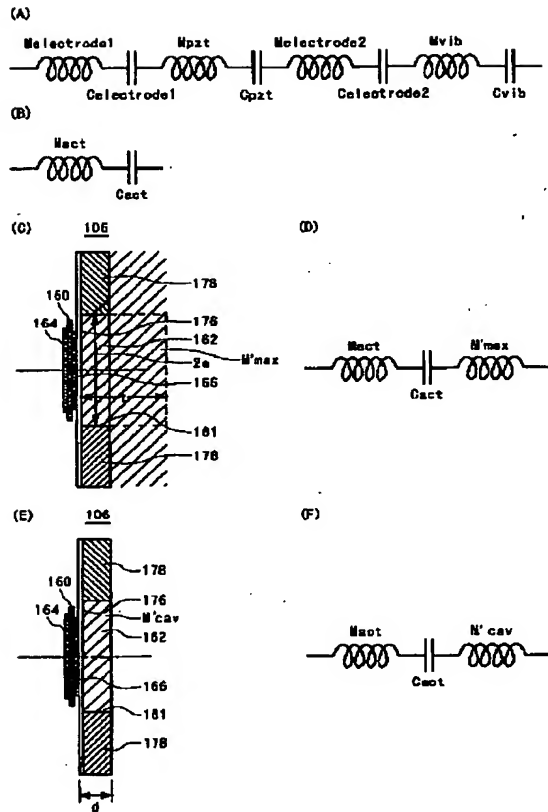


(B)

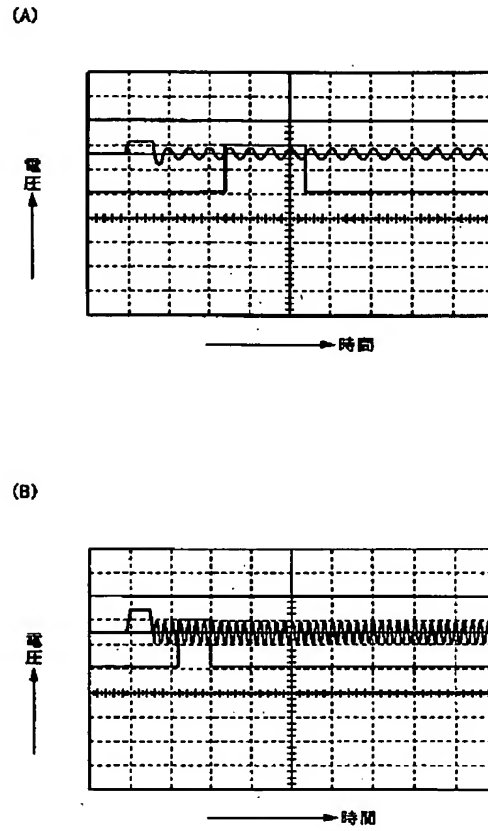




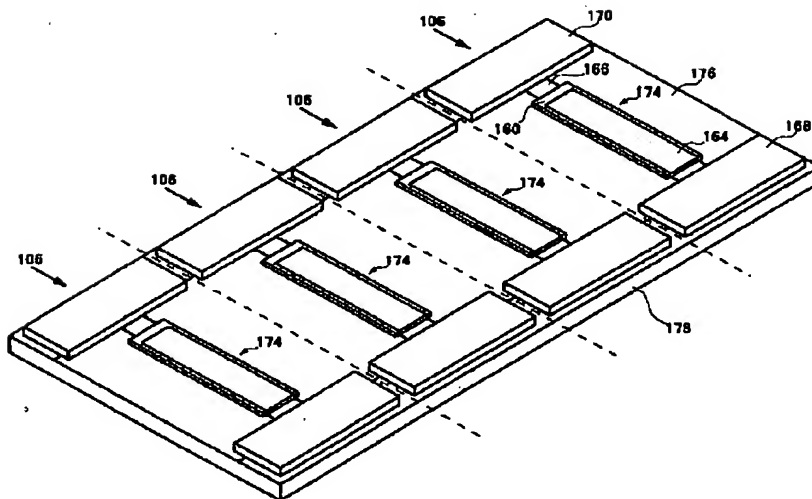
【図 21】



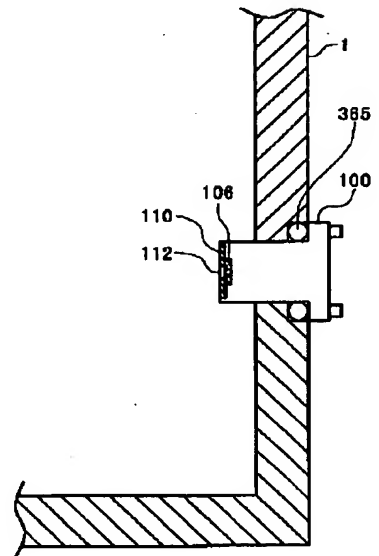
【図 23】



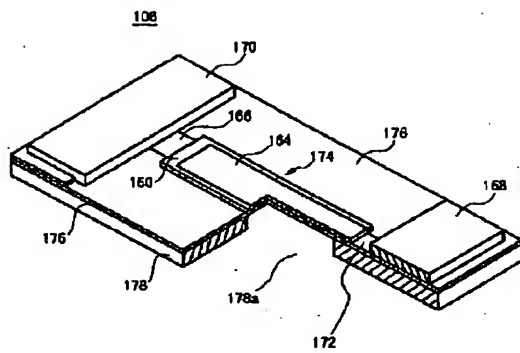
【図 24】



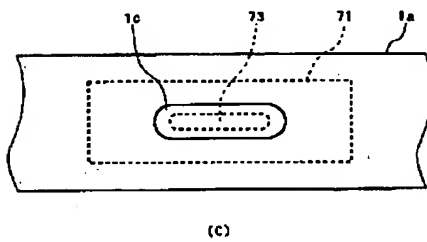
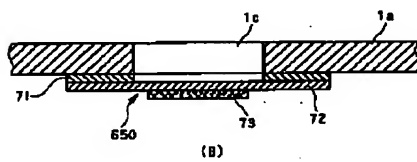
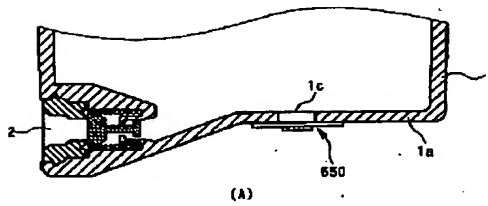
【図 37】



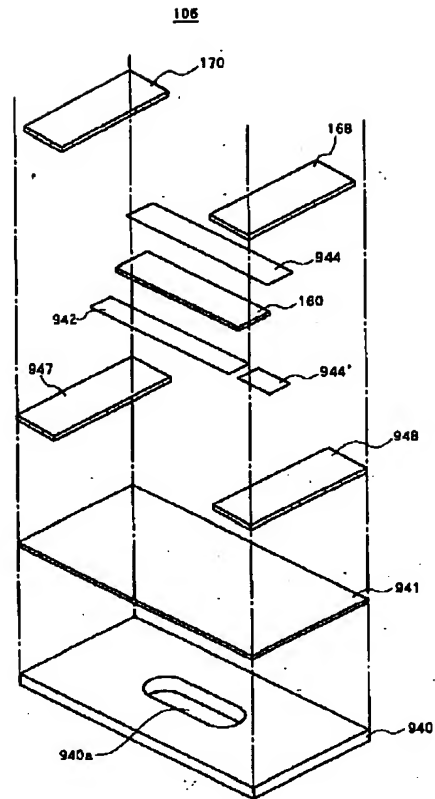
【図 25】



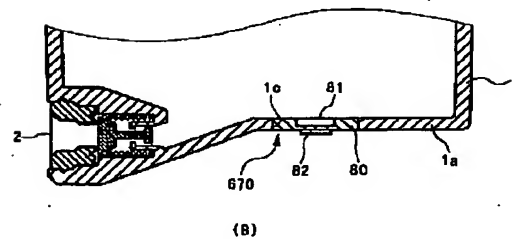
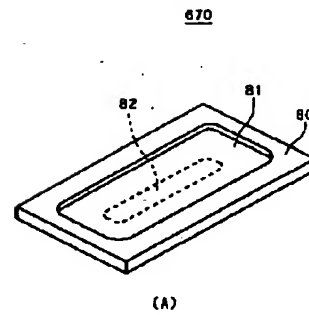
【図 28】



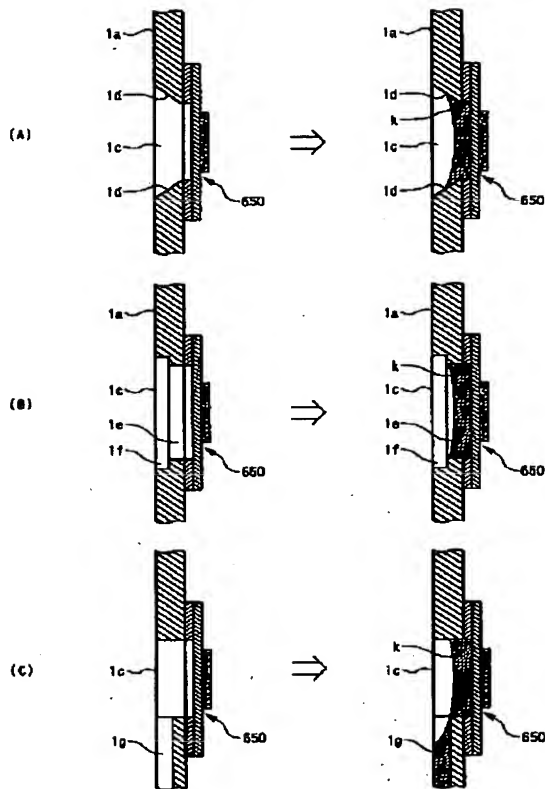
【図 27】



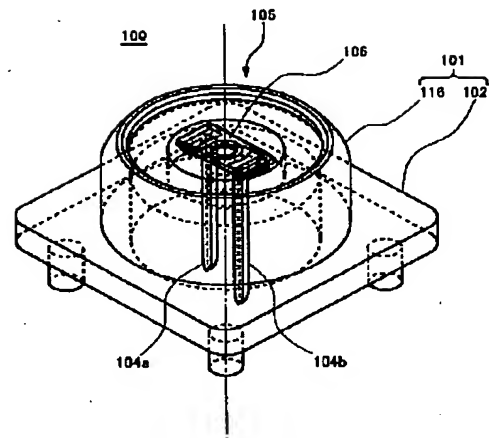
【図 31】



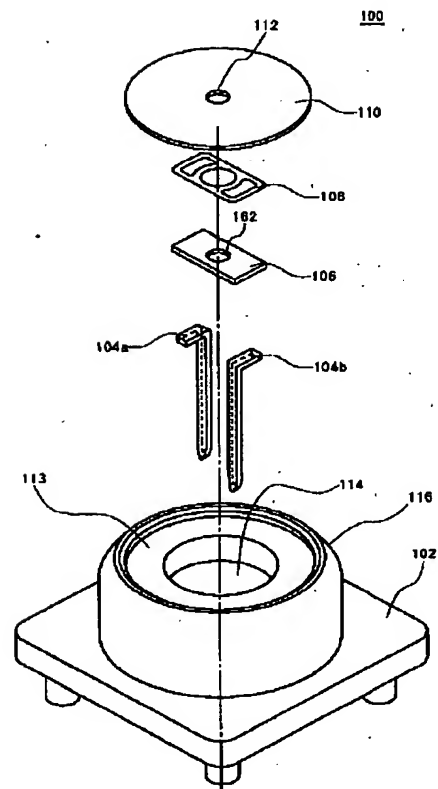
【図 29】



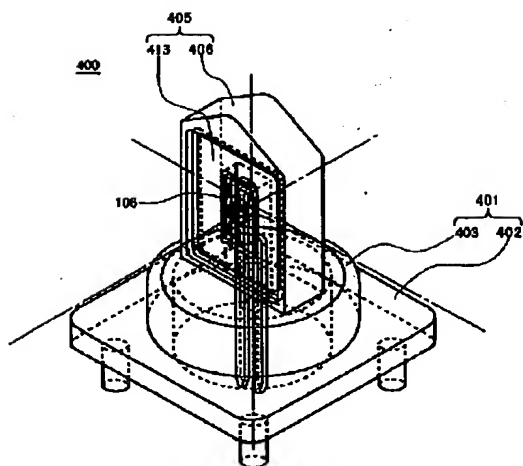
【図 32】



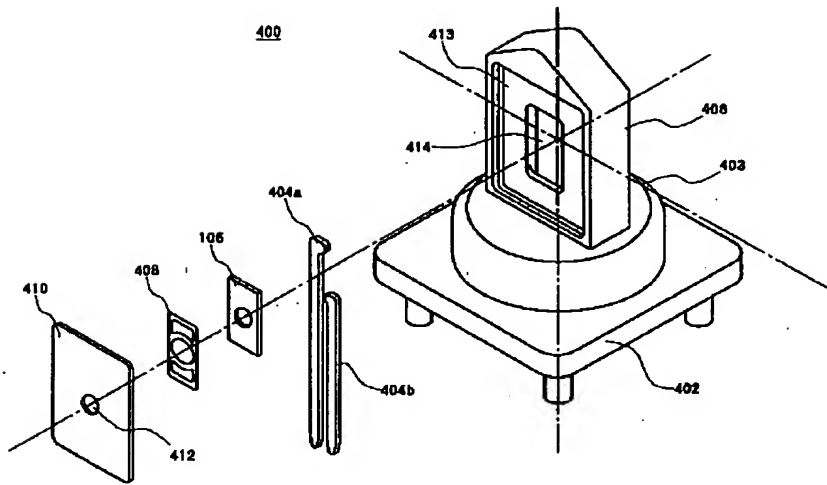
【図 33】



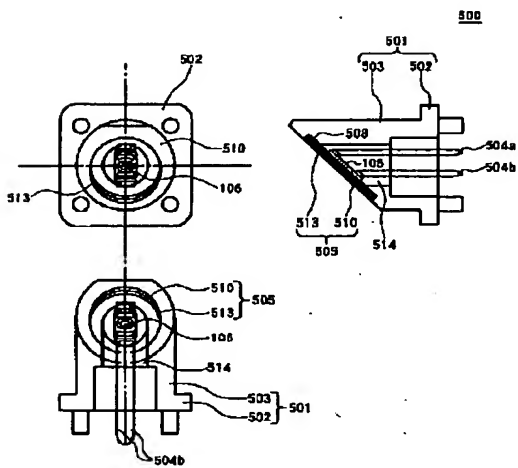
【図 34】



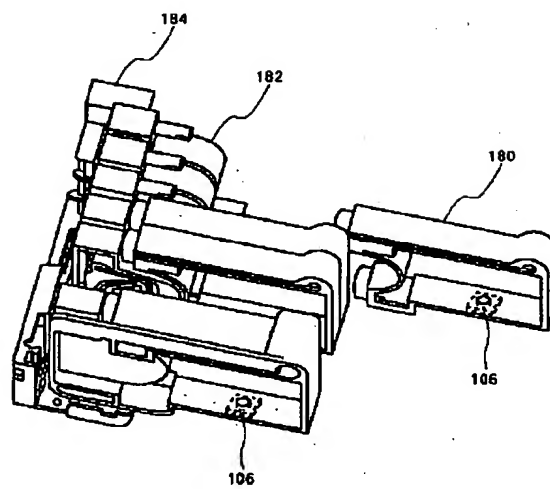
【図 35】



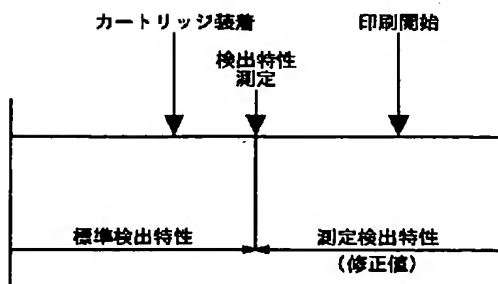
【図 36】



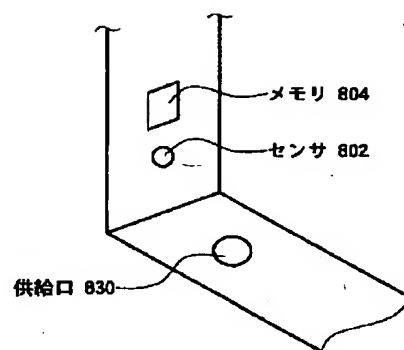
【図 39】



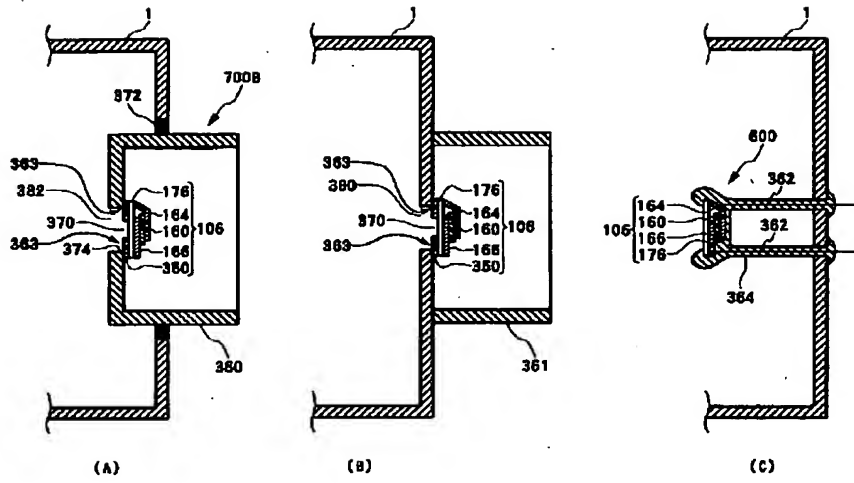
【図 49】



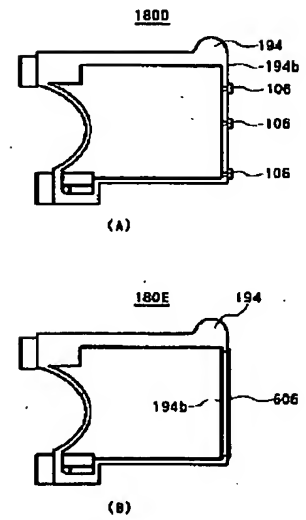
【図 50】



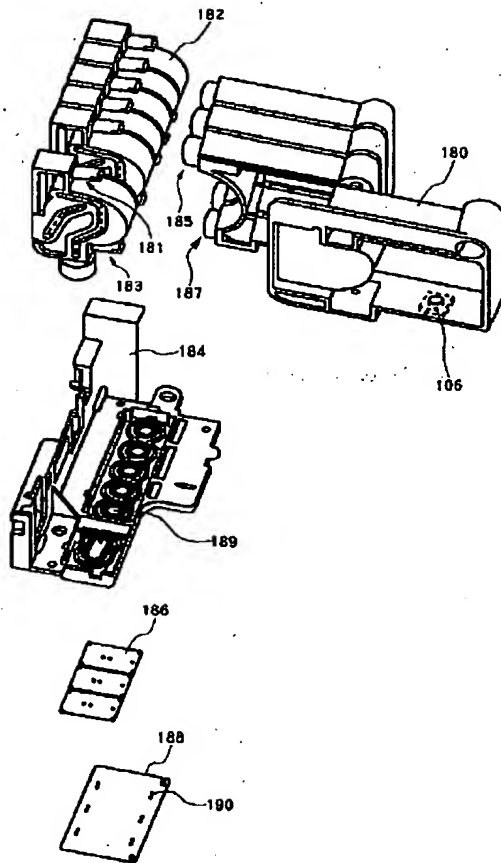
【図 38】



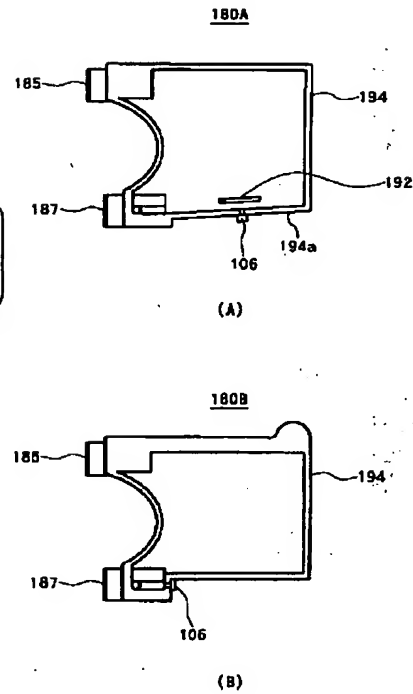
【図 43】



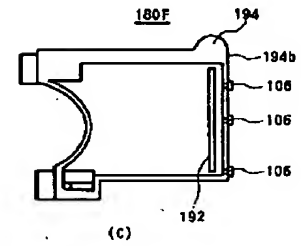
【図 40】



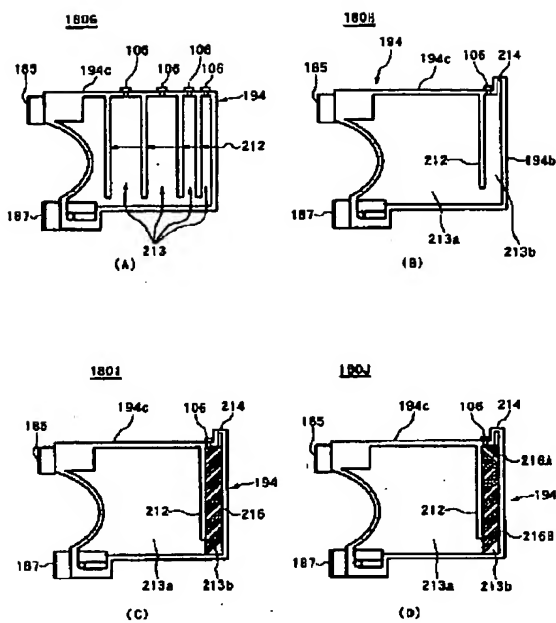
【図 41】



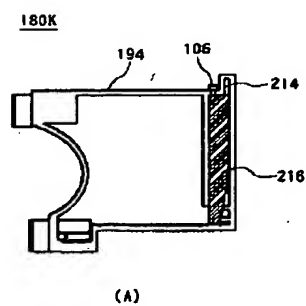
【図 43】



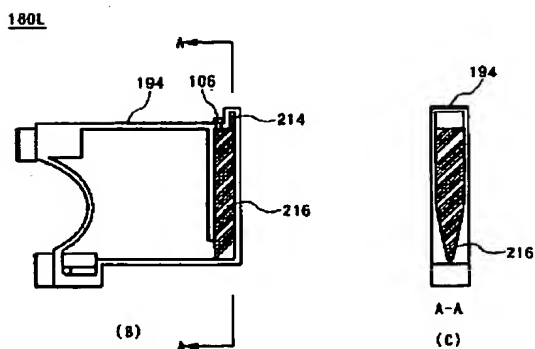
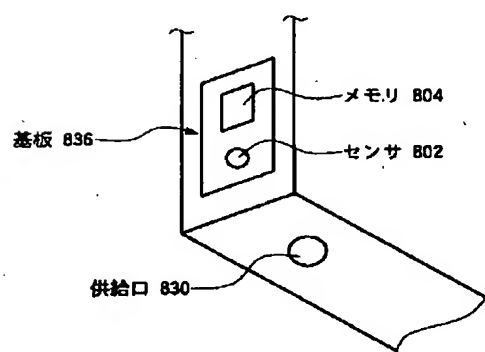
【図 4 4】



【図 4 5】

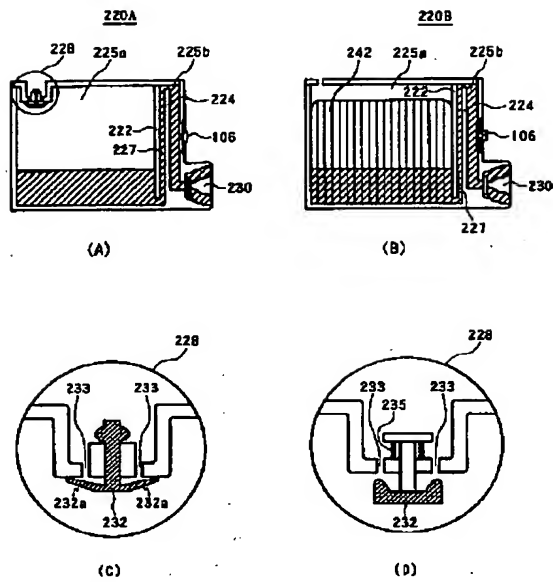


【図 5 2】

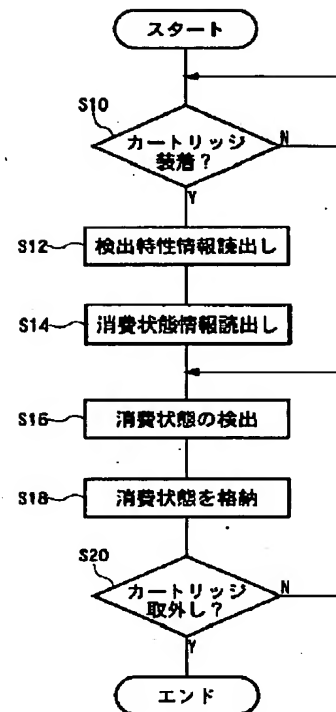




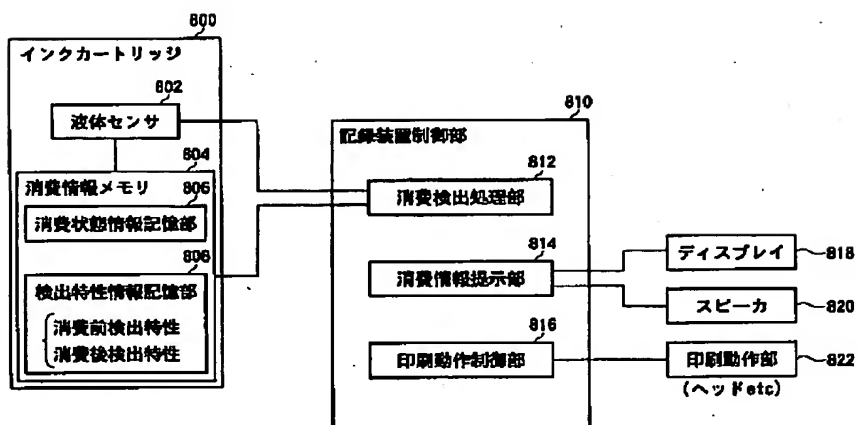
【図 46】



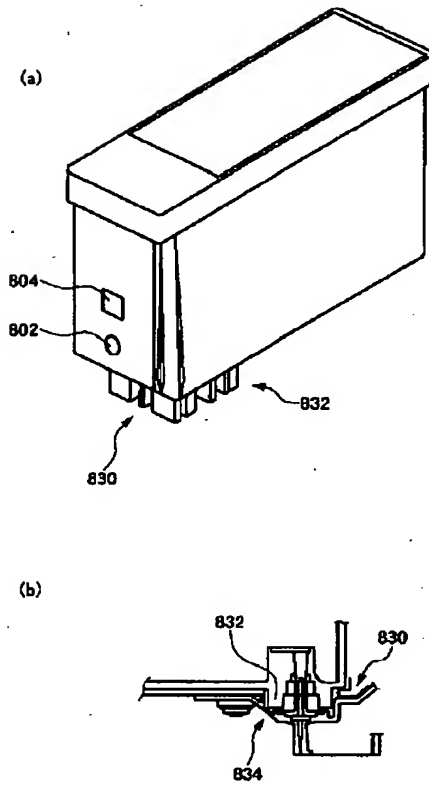
【図 48】



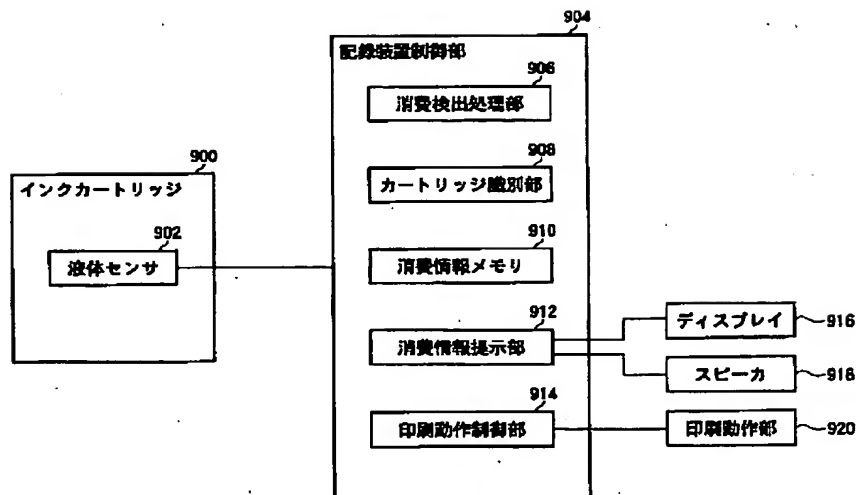
【図 47】



【図 5 1】



【図 5 3】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7

識別記号

H 0 1 L 41/187

F I

テーマコード (参考)

H 0 1 L 41/08

C

41/18

1 0 1 D

(72) 発明者 碓井 稔

長野県諏訪市大和 3 丁目 3 番 5 号 セイコ  
ーエプソン株式会社内

F ターム (参考) 2C056 EA29 EB20 EB29 EB51 EB59

EC19 EC28 FA10 KC01 KC09

KC11 KC13 KC15 KC30 KD06

2F013 BF00 CB10

2F014 AA01 AA07 AB01 AB02 AB03

CB01 FB01